



**UniCEUB – Centro Universitário de Brasília**

**FAET – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia**

**Curso de Engenharia da Computação**

**Projeto Final**

## *Detector de Distância Automotivo*

Aluno: Adonai Araújo Cerqueira

Orientador M.C. Professor Claudio Penedo de Albuquerque

Brasília, DF – Julho 2006.



**UniCEUB – Centro Universitário de Brasília**  
**FAET – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia**  
**Curso de Engenharia da Computação**  
**Projeto Final**

## *Detector de Distância Automotivo*

por

Adonai Araújo Cerqueira  
RA 20015505

Trabalho Final de Graduação

Professor M.C. Claudio Penedo de Albuquerque  
Orientador

# Agradecimentos

Agradeço a Cristo pela ajuda nas horas difíceis da vida, a oportunidade de concluir meus estudos, e minha condição privilegiada de vida em relação a muitos que neste país nem o alimento podem ter.

Meus amigos, colegas de trabalho pela ajuda e compreensão nesta fase de projeto final.

Ao professor orientador Claudio Penedo de Albuquerque pela paciência, experiência e conhecimento passado sem os quais não seria possível concluir este projeto.

Aos meus irmãos Allen e Ariadne e principalmente meus pais Luiz Fogaça e Sônia pelo carinho, incentivo e demonstração da realidade. Também à Xavana, Zeca, Dri e sua família que participaram positivamente em grande parte desta fase tão importante na minha vida.

E finalmente a minha namorada Elisa que me deu um grande incentivo e novas forças para a conclusão desse projeto.

# RESUMO

A idéia de uma sociedade evoluída tem como característica singular o desenvolvimento da tecnologia. O advento desta proporciona a facilidade, luxo, conforto, saúde ao cotidiano dessa sociedade trazendo benefícios facilmente visíveis. Os carros ultimamente vêm trazendo componentes que possibilitam conforto e segurança ao dirigir, citando como exemplo um medidor de distância que auxilia o motorista nas manobras ou o sistema de climatização.

Tendo em vista esse ramo, este trabalho tem como objetivo principal montar um produto já existente no mercado que tenha como finalidade medir, ou seja, avaliar a distância entre um carro e um anteparo como parede ou meio fio. Este sensor ajudaria na manobra de veículos uma vez que seria instalado na parte traseira e dianteira do automóvel monitorando e informando ao motorista a distância entre o veículo e o obstáculo.

# SUMÁRIO

---

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>III</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>IV</b>
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 2 – ONDAS MECÂNICAS E ONDAS ELETROMAGNÉTICAS.....</b>	<b>5</b>
2.1 ONDAS MECANICAS .....	6
2.1.1 RELAÇÃO DE VELOCIDADE DE ONDAS MECÂNICAS .....	7
2.1.2 ONDAS TRANVERSAIS E LONGITUDINAIS.....	8
2.1.3 REFLEXÃO EM ONDAS MECANICAS .....	9
2.1.4 DISPERSÃO .....	12
2.2 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS .....	12
2.2.1 RELAÇÃO DE VELOCIDADE .....	13
2.2.2 REFLEXÃO EM ONDAS ELETROMAGNÉTICAS.....	15
2.2.3 ONDAS INFRAVERMELHAS .....	17
<b>CAPÍTULO 3 - MICROCONTROLADOR .....</b>	<b>19</b>
3.1 MICROCONTROLADOR .....	20
3.2 MOTIVAÇÃO PARA O USO DO 8051 .....	23
3.3 MICROCONTROLADOR 8051 .....	24
3.4 KIT DE DESENVOLVIMENTO CW552 .....	29
3.5 INTERRUPÇÃO .....	30
3.5.1 TRATAMENTO DE INTERRUPÇÕES EM LINGUAGEM C .....	38
3.6 CONFIGURAÇÃO DOS TEMPORIZADORES .....	40
<b>CAPÍTULO 4 - SENSORES.....</b>	<b>44</b>
4.1 SENSOR INFRAVERMELHO .....	45
4.2 SENSOR ULTRA-SOM .....	47
4.2.3 CARACTERÍSTICAS DO SONAR .....	49
4.2.4 PRINCÍPIO DO FUNCIONAMENTO.....	49
<b>CAPÍTULO 5 - IMPLEMENTAÇÕES.....</b>	<b>52</b>
5.1 SENSOR INFRAVERMELHO .....	53
5.2 SENSOR ULTRA-SOM .....	55
5.2.1 SOFTWARE DE CONTROLE .....	58
5.3 OBSERVAÇÕES DE PROJETO .....	59

<b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>62</b>
<b>APÊNDICE A - CÓDIGO DE CONTROLE .....</b>	<b>64</b>
<b>APÊNDICE B – ESQUEMA DE MONTAGEM .....</b>	<b>67</b>

# LISTA DE FIGURAS

---

Figura 2.1 – A visualização de um feto através de um ultra-som.....	5
Figura 2.2 – Reflexão no plano .....	10
Figura 2.3 – Reflexão de uma Fonte Pontual.....	11
Figura 2.4 – Reflexão em uma Superfície côncava.....	11
Figura 2.5 - Onda eletromagnética.....	13
Figura 2.6 - Ângulo refletido igual ao incidente .....	15
Figura 2.7 - Reflexão de onda eletromagnética .....	16
Figura 2.8 - Comprimento de ondas do espectro visível .....	18
Figura 3.1 - Microcontrolador 8051 .....	20
Figura 3.2 – Descrição da organização de memória.....	25
Figura 3.3 – Descrição da organização de memória 8051 .....	27
Figura 3.4 - kit CW552 .....	29
Figura 3.5 – Descrição dos bits do registrador IE.....	33
Figura 3.6 – Descrição dos bits do registrador IP.....	35
Figura 3.7 – Descrição dos bits do registrador TCOM .....	36
Figura 3.8 – Contador/Temporizador de 16 bits.....	41
Figura 3.9 – Descrição dos bits do registrador TMOD .....	42
Figura 4.1 – Carro com sensor de distância.....	45
Figura 4.2 – Sensor GP2D02 SHARP.....	46
Figura 4.3 –Funcionamento do sensor GP2D02 .....	46
Figura 4.4 - Devantech SRF04 Ultrasonic Range Finder e suas conexões .....	48
Figura 4.5 – Diagrama Temporal .....	50
Figura 4.6 - Padrão de dispersão do sinal ultrasónico do sonar SRF04 .....	51
Figura 4.7 - Esquema do sensor SRF04 .....	51
Figura 5.1- Montagem do sensor infravermelho .....	53
Figura 5.2 - Tensão de saída aplicada no led emissor .....	54
Figura 5.3- Tensão de saída do Ampop distância de 10 Cm .....	55
Figura 5.4- Grafico do eco pela distância .....	57
Figura 5.5 - Ligação do SRF04 ao kit CW552 .....	57

# LISTA DE TABELAS

---

Tabela 3.1 - Interrupções 8051 / 80c552.....	38
Tabela 3.2 - Tipo de Interrupções 8051 / 80c552 .....	39
Tabela 3.3 – Modo de operação .....	42
Tabela 4.1 - Características do Sonar .....	49
Tabela 5.1 – Distância x eco do sinal ultra-som .....	56



# Lista de Símbolos

---

E/S	Entrada e Saída
Amp Op	Amplificador Operacional
I/O	Input and Output
IEEE	Institute Of Electrical and Electronic Engineers
PLDs	(Programmable Logic Devices).
Led	Light Emitting Diodes
PC	Personal Computer

# Capítulo 1 - Introdução

---

O avanço tecnológico das últimas décadas tem sido acentuado, como a evolução de computadores pessoais na década de 80, podendo ser descrita como fase de aumento da capacidade de processamento da informação. Continuando com o progresso neste sentido, a sociedade conseguiu também um outro grande marco, a criação da internet na década de 90 que disponibilizou para a maioria das pessoas o acesso a informação.

A informação só é produtiva quando útil, ou seja, quando transformada em conhecimento ou parâmetros necessários para decisões, estes sim, promotores do desenvolvimento, riqueza e bem estar. Assim, quanto maior a capacidade de obter e processar a informação útil em conhecimento e utilizar este para melhorar a vida, maior serão os benefícios potenciais dos cidadãos e consequentemente para a sociedade.

Considerando que qualquer informação antes de ser processada e transmitida deve ser detectada, fica clara a necessidade destes sensores, elementos eletrônicos que detectam e disponibilizam, para o sistema, informações obtidas no ambiente que se deseja monitorar. Ao estacionar veículos em espaços apertados, alguns motoristas possuem dificuldades de perceber ou visualizar o ambiente, ou melhor, a distância do carro até o obstáculo final, seja por imperícia ou deficiência. O sistema por meio de sensores pode passar mais informações ou parâmetros para o motorista manobrar com segurança.

Este projeto tem como objetivo principal apresentar um protótipo que utiliza transdutores que vão emitir e receber um tipo de onda sonora, o ultra-

som. Este sinal recebido servirá de parâmetro para um hardware que informará em um display a distância entre o anteparo e o protótipo, permitindo ao motorista ter maior controle sobre a situação. Inicialmente, este projeto utilizaria o infravermelho para obter esta medida, o que não foi possível pelas características físicas deste sinal. Tendo em vista esta situação, em caráter secundário, o projeto em questão tem como objetivo também explicar a escolha do sensor ultra-som, e para isso será necessário explicar a diferença entre ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas.

Apenas algumas características básicas das propriedades das ondas serão abordadas. Assuntos mais complexos como a dualidade da luz, por exemplo, não serão tratados tendo em vista o caráter prático e comercial deste projeto.

Inicialmente este projeto utilizava ondas infravermelhas o que acabou por não ser viável. Sendo assim outra forma de onda teria que ser aplicada, o ultra-som foi escolhido como tecnologia. O ultra-som é uma onda acústica que é uma onda mecânica possuindo características que serão cruciais no desenvolvimento do projeto em questão. A principal propriedade, a reflexão, permitirá o cálculo do tempo de emissão e recepção do sinal, através do eco e das leis de Newton, obedecendo também às limitações do sensor e do microcontrolador.

Este foi organizado em uma estrutura de seis capítulos que estão divididos da seguinte forma: o primeiro capítulo apresenta a introdução; o segundo capítulo aborda a teoria ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, ficando claras as suas diferenças; o terceiro capítulo trata do conceito de microcontroladores e suas aplicações no projeto; o quarto capítulo é sobre os

sensores, tanto a tentativa de desenvolvimento com o infravermelho como as características do sensor ultrassônico utilizado; o quinto capítulo contempla o sensor e sua ligação com o microcontrolador e seu software de controle; e, finalmente, o sexto capítulo traz as conclusões referentes ao projeto.

## Capítulo 2 - Ondas

---

As ondas eletromagnéticas e mecânicas são, na maior parte das vezes, imperceptíveis para a maioria das pessoas. Sempre presentes em nosso cotidiano, podemos encontrar tecnologia que utilizam essas ondas quando utilizamos o controle remoto, escutamos rádio ou mesmo na recepção dos televisores, por exemplo. Hoje em dia não é difícil encontrar teclado, mouse ou caixas de sons sem fio, e tudo isso é possível a partir das propriedades e características dos diversos tipos de ondas mecânicas e eletromagnéticas. O desenvolvimento de aparelhos utilizando essas ondas como tecnologia, vem trazendo facilidades e comodidades sendo praticamente indispensáveis para a sociedade atual imaginemos um celular com fio.

Essas tecnologias são utilizadas em diversas áreas da ciência como na Medicina (Figura 2.1), em que o ultra-som serve para diagnósticos obstétrico, ginecológico, no abdome, tireóide e muitos outros tipos. Na engenharia são utilizadas como, por exemplo, na detecção de defeitos em materiais, medição de temperatura por infravermelho, e prospecção, tendo praticamente uma grande e vasta aplicabilidade, proporcionando assim precisão nas atividades científicas e possibilitando avanços tecnológicos para a humanidade. [1]



Figura 2.1 - A visualização de um feto através de ultra-som.

As ondas transportam energia pelo espaço sem, porém, transportarem matéria. Numa onda mecânica este efeito é conseguido através da perturbação que se propaga no meio podendo este ser vácuo, gasoso, líquido ou sólido, e são governadas pelas leis de Newton.

As ondas eletromagnéticas não precisam de um meio para se propagar e possuem características diferentes das ondas mecânicas. Suas características e propriedades são descritas por Maxwell e todas se propagam com a mesma velocidade escalar  $c = 299.792.458 m/s$ . Este capítulo tratará de ondas mecânica e eletromagnética dando o embasamento teórico para as conclusões tomadas neste projeto. [4]

## 2.1 ONDAS MECÂNICAS

As ondas mecânicas são as que se propagam em meios deformáveis ou elásticos. Dependem do meio para se propagar e são governadas pelas leis de Newton, podendo ser transversais ou longitudinais. Têm como algumas propriedades:

- Superposição, quando duas ou mais ondas se propagam em um mesmo meio.
- Dispersão, componentes de ondas com diferentes velocidades - a onda sofre dispersão e o pulso perde sua característica ao se propagar.
- Interferência de ondas, reforço ou cancelamento, dependendo do princípio da superposição de ondas, e etc. [15].

O ultra-som é um tipo de onda mecânica longitudinal que possui altas frequências sendo geradas por transdutores. O termo ultra-som é aplicado aos sons acima das frequências do som audível, ou seja, acima de 20.000 Hertz imperceptíveis ao ouvido humano. São vibrações mecânicas que se propagam em um determinado meio (ar, água, tecidos biológicos, materiais sólidos etc.), sendo que cada material apresenta propriedades acústicas características como a impedância, velocidade de propagação e atenuação [17]

Frequências usadas em diagnósticos médicos, como em aparelhos de ultra-som, se estendem acima de 10MHz ou mais. Sons entre 20-100 kHz são usados em comunicações e navegações entre morcegos, golfinhos e algumas outras espécies animais. [17]

### **2.1.1 Relação de Velocidade de Ondas Mecânicas.**

A velocidade de qualquer onda sonora (mecânica) depende das propriedades inerciais (para armazenar energia cinética) do meio, e também de suas propriedades elásticas (para armazenar energia potencial). das ondas. Ao se propagar no ar a energia potencial é associada a compressões e rarefações periódicas de pequeno volume de gás. A propriedade que determina o quanto o elemento de gás modifica seu volume, quando há uma variação de pressão, é o módulo de elasticidade volumar  $B$ , definido na equação 2.1: [4] [15]

$$B = -\frac{\Delta p}{\Delta V / V} \quad (2.1)$$

Na equação 2.1  $\Delta V/V$  é a variação de volume ocasionada por uma variação na pressão  $\Delta p$  sobre o fluido. No caso deste projeto, o fluido em questão, o ar, será o meio em que a onda irá se propagar. Quando aumentamos a pressão sobre um fluido o volume diminui e os sinais são opostos: quando um aumenta, positivo; o outro diminui, negativo. De acordo com Halliday, Resnick e Walker – autores do Livro Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica, 4ª edição - o sinal negativo desta equação foi incluído para que  $B$  seja, por definição, sempre positivo. Assim temos que a velocidade do som é dada pela equação 2.2 :

$$V = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (2.2)$$

As ondas sonoras circulam no ar à razão de 343 metros por segundo, dependendo da temperatura essa velocidade pode variar, como por exemplo em dias de frio intenso a velocidade do som pode chegar a 329 metros por segundo.

## 2.1 Ondas Transversais e Ondas Longitudinais

A propagação de uma onda acústica, molécula a molécula, ocorre de forma análoga ao do sistema massa-mola ou um sistema mais conhecido deste tipo de propagação, que é a vibração de uma corda. Exemplificando esse tipo de propagação transversal, uma corda com uma das pontas fixadas e uma pessoa tendo um papel similar a de um oscilador, quando a pessoa balança a corda, a energia é transmitida pela corda a uma certa velocidade. A onda que



se propaga em uma corda é uma onda transversal porque cada elemento da corda, oscila em uma direção normal à direção de propagação da onda.

Outro modo de propagação de ondas ocorre nas ondas longitudinais, no qual as partículas do meio oscilam na mesma direção em que a onda se propaga. Neste contexto, uma partícula é um elemento de volume grande o suficiente para conter milhões de moléculas, de modo que seja contínuo em relação à sua periferia, e pequeno o bastante para que grandezas como os deslocamentos de amplitude sejam constantes nesta partícula. A oscilação das partículas determina variações periódicas na pressão no meio na medida em que as partículas interagem entre si.

### **2.1.3 Reflexão em Ondas Mecânicas.**

Quando um som é produzido em um salão ou uma caverna, ele sofre reflexão nas paredes e volta em direção oposta até chegar aos nossos ouvidos. O som que retorna é denominado de eco.

Ao incidir em um anteparo ou uma fronteira que separa dois meios, parte da onda é transmitida através da fronteira e parte é refletida, ocorrendo então uma inversão de fase. Observando que não há alteração do módulo da velocidade, pois a parte refletida se propaga no mesmo meio da onda incidente, ou seja, quando o som transmitido no ar colidir com a parede de uma caverna, irá retornar à fonte emissora no mesmo meio, o “ar”. [9]

De acordo com o princípio da reflexão, que será detalhado na parte de ondas eletromagnéticas, o ângulo em que a onda incide dependerá da posição da fonte emissora e da forma geométrica da fronteira em que a onda se

chocará. Assim podemos definir ou prever a direção do sinal refletido. Assim é possível prever como o eco se comportará em diferentes tipos de obstáculos, sendo esta uma propriedade fundamental e que todo o projeto toma como base. [8]

### 2.1.3.1 Reflexão no plano

O ângulo incidente é igual ao ângulo refletido obedecendo à lei da reflexão. A Figura 2.2 abaixo demonstra este fenômeno: uma onda sonora que atinge um anteparo plano e logo em seguida é refletida. [8]

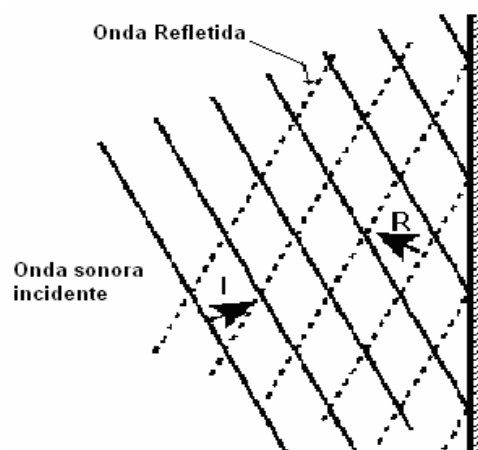


Figura 2.2 – Reflexão no plano

### 2.1.3.2 Reflexão de uma fonte pontual de som no plano

Quando ondas sonoras produzidas por uma fonte pontual chocam contra um anteparo plano, as ondas são refletidas em forma circular como se houvesse uma imagem da fonte original a uma mesma distância do outro lado do anteparo conforme demonstrado na Figura 2.3. [8]

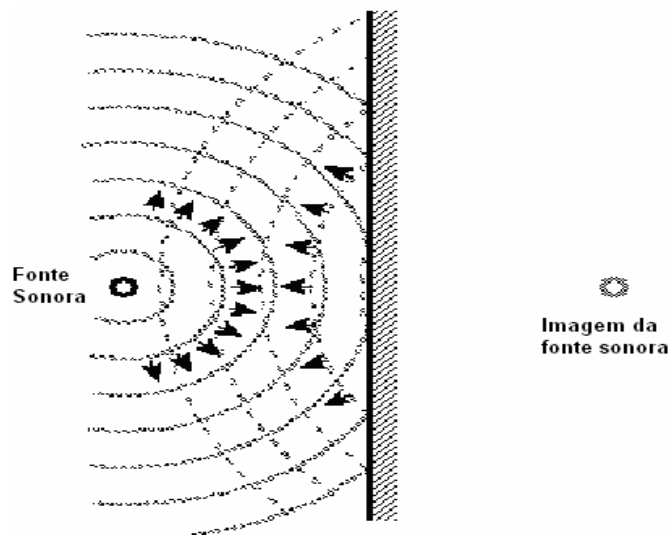


Figura 2.3 – Reflexão de uma Fonte Pontual

### 2.1.3.3 Reflexão em superfície côncava.

Toda a superfície côncava (Figura 2.4) tende a direcionar as ondas refletidas para a fonte emissora e isto é geralmente indesejável como por exemplo na acústica de um auditório, produzindo um “*hot spot*”<sup>1</sup>. [8]

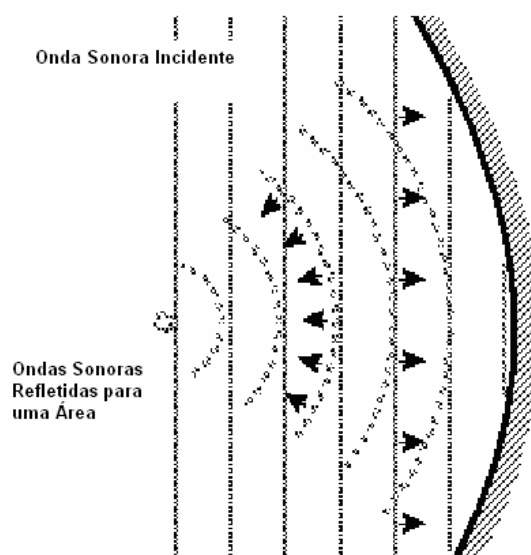


Figura 2.4 – Reflexão em uma Superfície côncava

<sup>1</sup> Termo em inglês que significa "mancha quente", utilizado para designar áreas de maior concentração de luz na tela de projeção.

### 2.1.4 Dispersão

A dispersão é um fenômeno que acontece quando uma onda, resultante da superposição de várias outras, entra num meio onde a velocidade de propagação seja diferente para cada uma de suas componentes. Conseqüentemente a forma da função de onda inicial muda, sendo que sua forma é uma função do tempo. [15]

## 2.2 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

O apogeu da teoria ondulatória da luz coincidiu com a publicação, por James Clerk Maxwell, de uma série de artigos (1855 a 1865) [10]. Durante a construção de sua teoria eletromagnética, Maxwell gradativamente foi se convencendo da existência de um hipotético éter eletromagnético, a comportar as linhas de força de Faraday. Este éter seria o responsável pela propagação de alguma coisa a que Faraday (1846) denominara radiação como uma vibração das linhas de força [9]. Posteriormente a existência deste éter foi descartado, mas sua teoria foi de grande importância para a ciência explicando o comportamento deste tipo de ondas. [7]

James Clerk Maxwell demonstrou que se em um ponto P produzimos um campo elétrico de característica variável, ele induzirá um campo magnético  $\vec{B}$  que é variante no tempo. Este induzirá um campo elétrico  $\vec{E}$  que também varia com o tempo, o que pode ser visualizado na Figura 2.5. Então as ondas eletromagnéticas são as propagações de campo elétrico e campo magnético variáveis. [14]

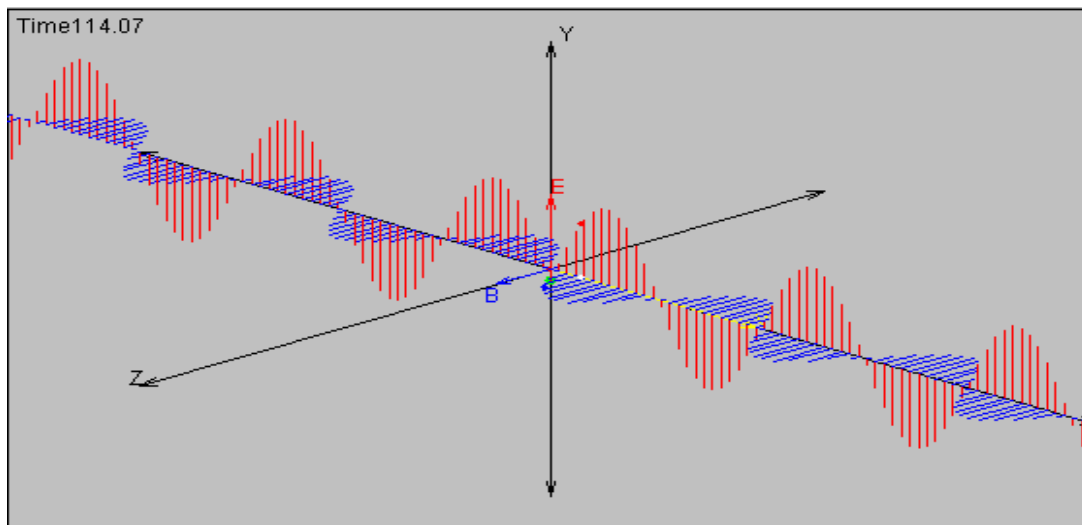


Figura 2.5 – Onda eletromagnética

### 2.2.1 Relação de Velocidade de Ondas Eletromagnéticas

Para ter qualquer noção de velocidade é necessário um referencial. A velocidade de uma onda se que se propaga em uma corda o seu referencial é a corda ,entretanto a luz visível (como todas as ondas eletromagnéticas) não requer nenhum meio de transmissão. Ela se propaga pelo espaço vazio a uma velocidade  $c$  que vale 299.792.458 m/s. [4]

Como onda do tipo eletromagnética não precisa de um meio para se propagar, perdemos assim o referencial como por exemplo a corda nas ondas mecânicas. Essa questão foi bastante debatida e estudada e a resposta foi dado por Einsten em 1905. A velocidade escalar da luz tem o mesmo valor,  $c$ , em todas as direções e em todos os referenciais inerciais ou seja qualquer referencial que atarmos a velocidade da luz não se altera permanecendo sempre “ $c$ ” . Esse postulado não se aplica as ondas mecânicas ou partículas físicas, somente a luz. [4]

A velocidade é uma das características mais importantes das ondas eletromagnéticas, aliás, um dos fatores que levou a luz a ser considerada uma onda deste tipo, e a partir dela surgem várias teorias como o caso da superluminal “X” , ondas 0,002% mais rápidas que a luz essa características origina, segundo matéria publicada na revista Globo ciência nº 74, paradoxos do tipo efeito sem causa, induzindo físicos da atualidade a discutir incessantemente esta propriedade.

Maxwell demonstrou que a velocidade, uma das características da onda eletromagnética, é dada no espaço livre por pela equação 2.3 [14]

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (2.3)$$

Tendo  $\epsilon_0$  como a permissividade do espaço e  $\mu_0$  a permeabilidade do espaço. Quando Maxwell substituiu  $\mu_0$  e  $\epsilon_0$  na equação 1 por valores experimentais, os resultados eram muito próximos aos da velocidade da luz, o que levou a conclusão de que a luz é uma onda eletromagnética. Esta conclusão de Maxwell traz características da velocidade da luz para as ondas eletromagnéticas. Desta forma a luz sofre os princípio de reflexão, característica que permitirá o sensor obter o sinal refletido.

Assim não podemos medir a distância do obstáculo ao carro pela velocidade, pois sendo muito alta não seria possível medir o tempo de emissão e recepção como fazemos na física Newtoniana, levando em consideração que para que microcontrolador consiga medir um sinal em um de seus pinos é necessário que este sinal mantenha seu nível lógico pelo tempo de 1 $\mu$ s, descartando qualquer possibilidade de utilização da velocidade da luz como

parâmetro, seria optado medir a potência da onda infravermelha recebida pelo circuito.

### 2.2.2 Reflexão em ondas eletromagnéticas

As reflexões em ondas eletromagnéticas seguem o princípio de Fermat para a luz tal como as ondas mecânicas seguem as leis de reflexão. Maxwell demonstrou que a luz é uma onda eletromagnética, logo, o princípio da reflexão para a luz é aplicado também para as ondas eletromagnéticas possuindo não só a reflexão, mas também outras propriedades comuns à luz como a refração, interferência e difração. [4]

Quando uma onda eletromagnética incide sobre uma superfície que separa dois meios, materiais com características ópticas diferentes produzem uma onda refletida e uma onda transmitida. Obedecendo as leis de reflexão, derivadas do princípio de Fermat que diz que a luz, para passar de um ponto a outro, leva o menor tempo possível tendo a distância e o ângulo, e levando em consideração outros aspectos, chegou à conclusão de que o ângulo incidente é igual ao ângulo refletido (Figura 2.6) [4] [8].

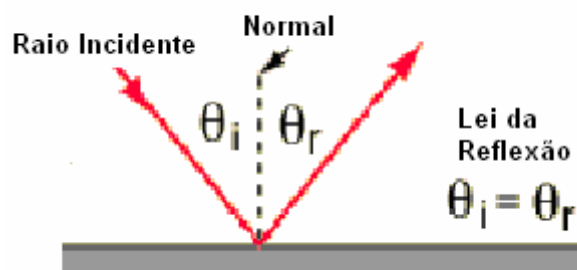


Figura 2.6 - Ângulo refletido igual ao incidente.

A reflexão em uma superfície metálica resulta em uma onda eletromagnética refletida com as mesmas características da onda incidente inicial, mas defasada  $180^\circ$ . [9]

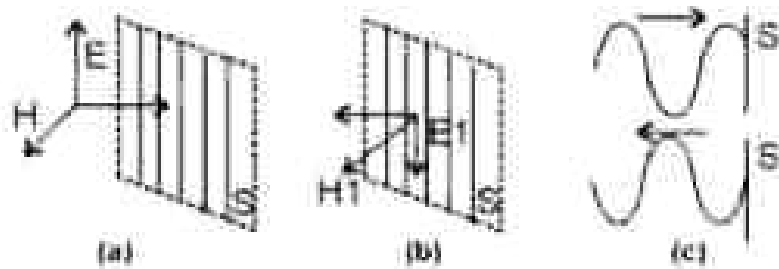


Figura 2.7 - Reflexão de onda eletromagnética (a) onda incidente (b) onda refletida (c) representação como forma de onda.

Na superfície metálica não pode haver campo elétrico porque ele é perfeitamente condutor. Assim, quando o campo elétrico  $\vec{E}$  incide na superfície, sofre imediatamente uma inversão de fase  $\vec{E}_1$  de  $180^\circ$  que cancela o  $\vec{E}$  incidente (Figura 2.7a,b). O campo magnético  $\vec{B}$  não está sujeito a esta condição de cancelamento na superfície, mantendo então sua fase inicial incidente. Como resultado - e pela regra da mão esquerda - a onda reflete de volta. Representando a onda eletromagnética por uma senóide obtemos a Figura 2.7 (c) - note a defasagem de  $180^\circ$  entre a incidente e a refletida. [9]

A intensidade da onda refletida é conhecida por coeficiente de reflexão  $T$  e dada pela equação 2.4:



$$T = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (2.4)$$

Onde  $Z_2$  é a impedância da superfície do obstáculo e  $Z_1$  a impedância do meio onde a onda se propaga inicialmente. Se  $Z_2 = 0$  (superfície perfeitamente condutora), então  $T = -Z_1 / Z_1 = -1$ , e a onda é totalmente refletida. Para  $Z_2 = Z_1$  temos  $T = 0 / (Z_2 + Z_1) = 0$ , não havendo reflexão. Mas se  $Z_2$  é diferente de  $Z_1$ , então  $T$  será um valor maior que zero (portanto há reflexão) e menor que um (não há reflexão total), ocorrendo uma reflexão parcial [9].

O corpo transparente permite ser atravessado pela onda eletromagnética, já o corpo opaco tem como característica impedir que esta onda o atravesse. A reflexão da onda infravermelha seria explorada neste trabalho, pois esta característica permite que a onda retorne ao sensor possibilitando obter dados do sinal refletido. [9]

### 2.2.3 Ondas Infravermelhas

Essas ondas podem ser usadas em uma variedade de aplicações nas telecomunicações, exército, indústria, medicina etc. A Figura 2.8 abaixo mostra o comprimento de ondas do espectro visível. [14]

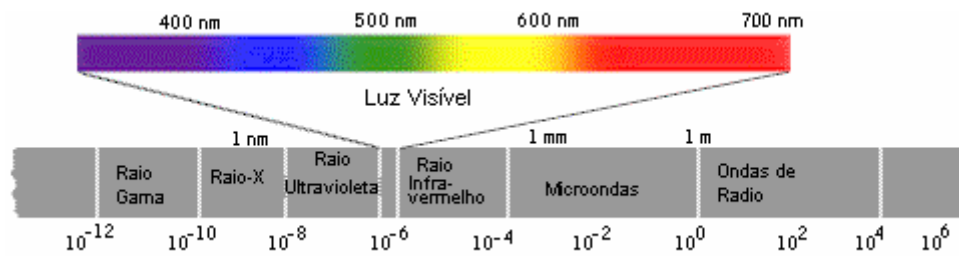


Figura 2.8 - Comprimento de ondas do espectro visível. [3]

Ondas eletromagnéticas com comprimento de onda maior que o espectro visível na faixa de 700  $\mu\text{m}$  até 1 mm não atravessam objetos sólidos como uma folha de papel, por exemplo. Possuem um alcance menor que um metro e não se propagam em todas as direções, o que facilita no direcionamento da onda para um alvo. [3]

## Capítulo 3 – Microcontrolador

---

Grande parte do avanço tecnológico está relacionada à eletrônica e aos computadores que provocaram um enorme desenvolvimento nas pesquisas científicas com o rápido processamento das informações. O computador permitiu pesquisas mais profundas e rápidas, beneficiando assim parte da sociedade. Na eletrônica não foi diferente, pois permitiu que fossem fabricados circuitos mais rápidos, eficientes e menores, barateando o custo de produção de dispositivos eletrônicos. [18]

A automatização de sistemas, cada vez mais comum e necessário nos dias atuais, proporciona aumento da produção e agilidade acarretando uma redução dos custos operacionais, essa automação foi possível com o surgimento do componente eletrônico denominado microcontrolador.

Em 1976 a Intel lançou o primeiro microcontrolador, denominado de 8048, que mais tarde definiria a família do MCS-48. Quatro anos mais tarde, em 1980 a Intel lançou uma evolução deste micro controlador, denominado 8051, ou MCS-51. Este microcontrolador teve uma grande aceitação no mercado, tanto passado mais de 20 anos e ainda está presente. Um pouco mais tarde, em 1982 a Intel lança seu primeiro microcontrolador de 16 bits, formando assim a família 8096, ou MCS-96. Assim, existem três famílias de microcontroladores da Intel.[18][6]

- MCS-48 ou 8048 - Obsoleta
- MCS-51 ou 8051 – usado no projeto
- MCS-96 ou 8096 – Não conseguiu conquistar um grande mercado

Microcontrolador é um componente eletrônico que executa tarefas específicas, determinado por uma linguagem de programação característica tornando capaz a automatização necessária.[6]

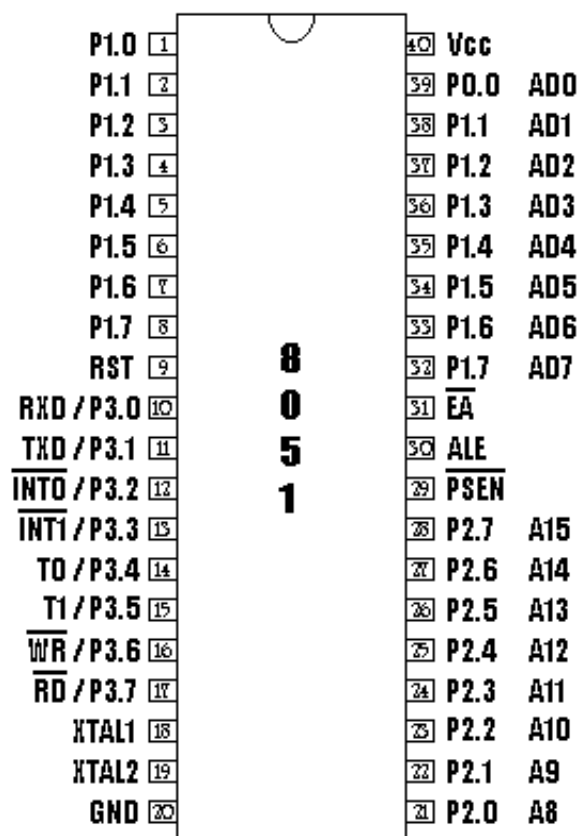


Figura 3.1 - Microcontrolador 8051

### 3.1 MICROCONTROLADOR

Existe uma dificuldade em diferenciar o conceito de microcontroladores e microprocessadores. Para explanar o conceito de microcontrolador evitando entendimentos dúbios entre estes e microprocessador, é necessário ter em mente que projetos de sistemas automatizados mais simples como controle de um elevador, máquina de lavar ou fornos de microondas não necessitam de um grande poder de processamento, mas de um controle simples como o da

velocidade de abertura da porta no caso do elevador ou o tempo de cozimento de um alimento no aparelho de microondas. Atividades que requerem um processamento baixo e que podem ser automatizadas são facilmente atendidas por um microcontrolador comum.

Para um microprocessador controlar esses projetos, a memória ROM<sup>2</sup> poderia ser utilizada para armazenar o “firmware”<sup>3</sup> para que o software esteja sempre pronto quando o sistema for ligado, um pensamento similar ao conceito BIOS<sup>4</sup> de um PC moderno. Além do firmware será necessário uma área de memória para manipularmos os dados, no caso poderíamos utilizar a memória RAM<sup>5</sup>. Para receber e enviar dados ao ambiente, proveniente de sensores e teclados, dados para acionar motores, pode-se usar para esse propósito as portas paralelas. Enfim podemos monitorar e controlar todas as informações desses sistemas a partir de um computador pessoal. Levando em consideração toda a arquitetura interna de um microprocessador.[18]

Microcontrolador é um microprocessador com outros circuitos no mesmo núcleo. Ou seja, a maioria dos componentes estão reunidos em um único circuito integrado proporcionando menor tamanho do controlador, menos consumo de energia, facilidade de manutenção e maior confiabilidade, pois a probabilidade de falhas é menor, sendo esta, também, proporcional a quantidade de componentes e num microcontrolador a quantidade é bastante

---

<sup>2</sup> **Read Only Memory** (memória somente de leitura).

<sup>3</sup> Rotinas de software armazenadas na memória de leitura (ROM)

<sup>4</sup> BIOS é um programa que fica armazenado em uma memória. Trata-se de um tipo de memória ROM. O tipo mais usado atualmente é a Flash-ROM (ou Flash-BIOS) que pode sofrer modificações.

<sup>5</sup> **Random Access Memory** (memória de acesso aleatório). Este tipo de memória permite tanto a leitura como escrita de dados. Perde seus dados assim que deixam de ser alimentadas eletricamente.

reduzida quando comparado ao um sistema controlado por um computador usual. [18] [6]

A CPU integrada ao microcontrolador não precisa efetuar cálculos complexos ou operações multimídias sendo necessário apenas uma baixa capacidade de processamento, instruções velozes, facilidade para se adicionar um hardware externo.

Para deixar clara a diferença entre um microprocessador e um microcontrolador, aquele é dedicado ao processamento, oferece uma grande quantidade de modos de acesso a dados, permite uma série de operações sobre esses dados, e trabalha com operações de ponto flutuante. Em suma serve para sistemas que fazem grandes quantidades de operações sobre dados. Este, a idéia é diferente, sua finalidade principal é o controle digital. Deve oferecer uma grande quantidade de recursos de entrada e saída digitais, possibilidade de medir intervalos de tempo e viabilizar sistemas de pequenos tamanhos físico. Não precisa realizar operações sofisticadas sobre dados. [18]

A maioria dos sistemas que utilizam o microcontrolador , fazem uso de um programa desenvolvido especificamente para o controle do sistema, estando disponível em memória como um “*firmware*”. Nesse tipo de sistema que requer estabilidade e segurança, não é viável realizar um processo de “*boot*”, seria o mesmo que reinicializar o programa que controla um elevador ou um videocassete. A arquitetura do microcontrolador permite essa estabilidade e segurança, levando em consideração também que o programa de controle não é frequentemente alterado, sendo desenvolvido e testado há muito tempo. [18]

### 3.2 MOTIVAÇÃO PARA O USO DO 8051

O microcontrolador, hoje em dia, é um elemento indispensável para o engenheiro ou ainda para o técnico de nível médio na área em função de sua versatilidade e enorme aplicação. Entre algumas das aplicações de um microcontrolador podemos citar a automação industrial, telefones celulares, auto-rádios, fornos de microondas e videocassetes. Além disso, a tendência da eletrônica digital é a de se resumir a microcontroladores e a chips que concentram grandes circuitos lógicos, como os PLDs (Programmable Logic Devices). Para sistemas dedicados, o microcontrolador apresenta-se como a solução mais acessível em função do baixo custo e facilidade de uso. [18]

Existe uma vasta gama de fabricantes de microcontroladores com suas características específicas. Contudo essas características não são tão diferentes e no fundo oferecem recursos semelhantes. [18]

Ao elaborar um projeto com microcontroladores é interessante notar a característica do projeto levando em consideração a exigência da capacidade do componente aplicado. Um outro ponto ao escolher o componente é que se o mesmo dispõe de vários fornecedores, especialmente se o projeto em questão esteja cotado numa escala industrial, ou seja, realmente ser disponibilizado no mercado.

Existem várias famílias de microcontrolador e de vários fabricantes.

- Intel
- Motorola
- Microchip
- Atmel

Todos esses fabricantes com suas famílias disputam mercado. Entretanto uma grande fatia desse mercado está com a família do 8051 um outro microcontrolador bastante usado é o PIC da Microchip. [18]

A família 8051 possui uma grande quantidade de fabricantes como alguns citados abaixo:

- Intel
- Philips
- Atmel
- Analog Devices
- Dallas

O essa diversidade de fabricantes proporciona um grande conforto na hora da escolha do microcontrolador. Cada fabricante coloca alguma característica extra tornando uma família numerosa e flexível e na maioria das vezes existindo um microcontrolador adequado a aplicação que se deseja desenvolver. [18]

### **3.3 MICROCONTROLADOR 8051**

A arquitetura da família do 8051 trabalha com duas memórias separadas uma para dados e outra para programas existindo assim quatro formas de endereçamentos, pois além dessas duas memórias citadas podemos endereçar bit a bit e o endereçamento da RAM interna.

Os processadores usualmente têm uma única área de memória RAM onde se pode colocar os programas a serem executados e os dados que serão trabalhados. Nos processadores de um computador pessoal o tamanho de uma memória RAM pode estar na faixa de 128 MB a 1 GB, o processador fica



constantemente acessando essa área de memória para buscar as instruções e os dados a serem trabalhados.

Para o processador poder efetuar seu trabalho na memória é necessário que se disponibilize um meio de acesso à memória RAM. Uma forma simples de se acessar essa memória é o emprego de barramentos. Tendo em vista os tipos de memórias supracitados podemos ter um barramentos para dados e endereços e dois para sinais, um para indicar leitura e outro para escrita como demonstra a Figura 3.2. [18][6]

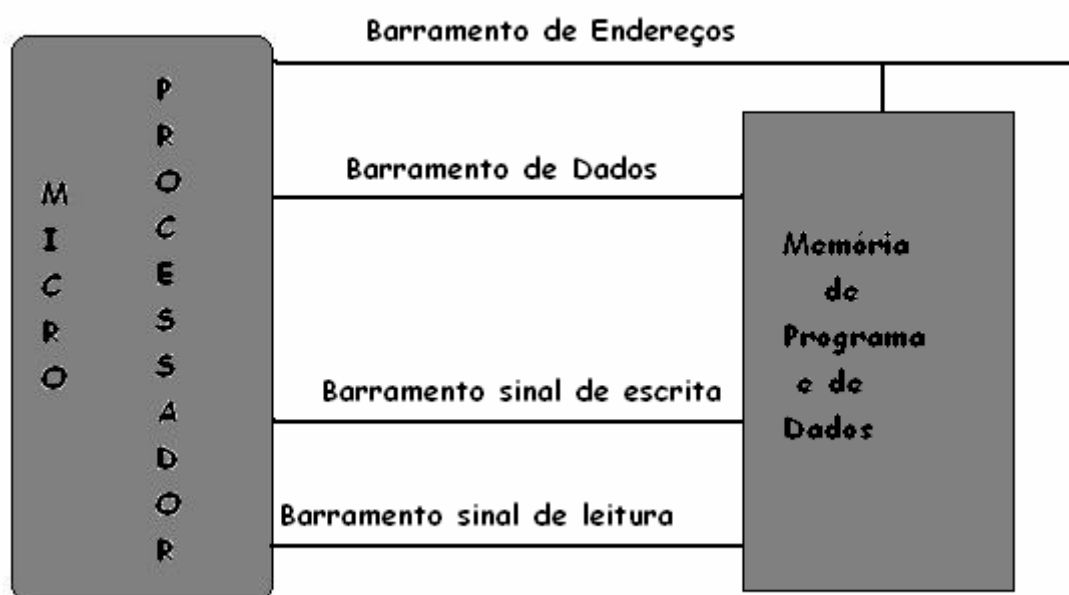


Figura 3.2 - Descrição da organização de memória

Esse tipo de arquitetura da Figura 3.2, não faz distinção entre a área de memória de programas e de dados, utilizando a mesma memória para armazenar programas e dados. Essa arquitetura foi proposta por Von Neumann em 1945 que apresentou em seu trabalho três postulados: [18]

1. Um único controle central – é o fato de termos apenas um único contador de programa ou PC<sup>6</sup>
2. Única memória para programas e para dados – memória RAM dos computadores pessoais
3. As instruções devem fazer operações elementares sobre os dados – Operações efetuadas pelas instruções deveriam ser operações simples.

Qualquer processador que não siga um desses postulados é denominado como possuindo uma arquitetura “não Von Neumann”, como os processadores que possuem uma arquitetura paralela, mais de uma unidade de controle, ou os que possuem instruções complexas fugindo dos postulados citados. O microcontrolador 8051 possui uma arquitetura “não Von Neumann” pois trabalha de forma diferente do segundo postulado. Os dados são armazenados em local diferente das instruções (programa). Este tipo de organização ficou conhecida como Arquitetura de Harvard as instruções também eram armazenadas num formato diferente dos dados. [18]

Ter uma memória de dados e programas separados significa que o processador será capaz de gerar sinais de leitura e escritas distintos para cada memória. Sinais para escrever e ler na memória de dados são diferentes dos sinais de leitura e escrita da memória de programa proporcionando acesso simultâneo nas duas memórias, tendo barramentos distintos, evitando que a memória se torne um gargalo. [18][6]

---

<sup>6</sup>Do inglês Program counter Registrador de 16 bits que controla a sequência na quais as instruções armazenadas na memória de programa são executadas.

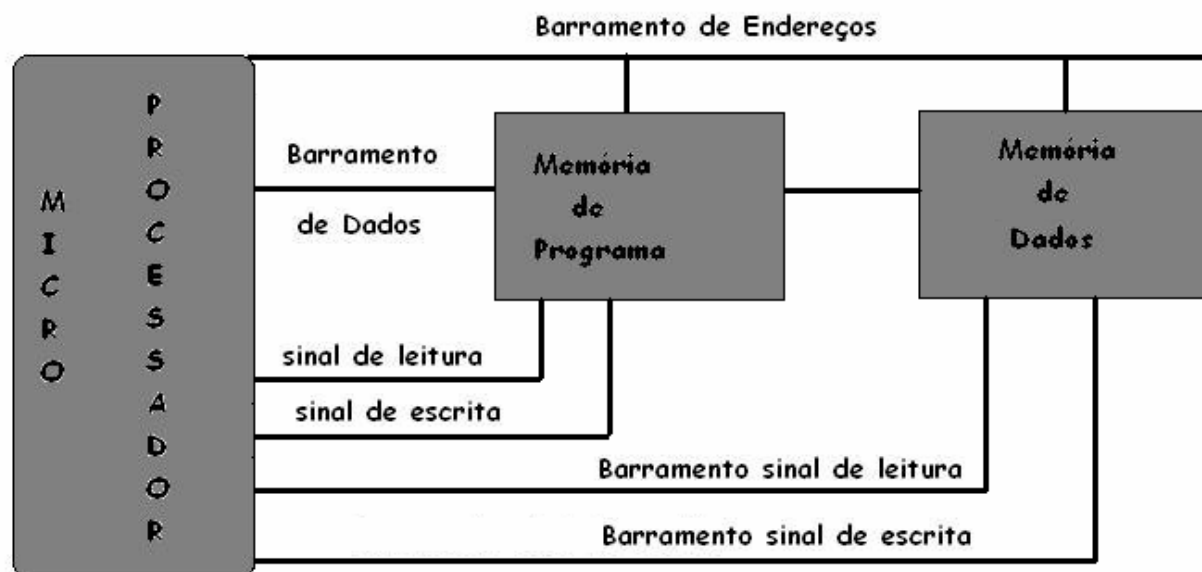


Figura 3.3 - Descrição da organização de memória do 8051.

A família 8051 é composta de uma vasta quantidade de microcontroladores de diversas fabricas mesmo assim todos guardam a compatibilidade com o principio básico da família do 8051. [18][6]

O 8051 tem a capacidade de trabalhar manipular operandos em quatros espaços de memória o que torna o espaço de endereçamento bem diversificado, são eles: [18][6]

1. **Memória de programa** – espaço total de 64 Kbytes, tamanho da palavra de endereçamento de 16 bits, local onde se encontra as instruções operandos (programas a serem executados), tabelas e dados fixos. Memória apenas de leitura.
2. **Memória de dados externa** – espaço total de 64 Kbytes, tamanho da palavra de endereçamento de 16 bits, local onde se encontra os dados que são manipulados e processados pelo programa, tabelas e dados fixos. Memória de leitura e escrita.

3. **Memória de dados interna ou RAM interna** – espaço total de 256 bytes, tamanho da palavra de endereçamento de 8 bits, é uma memória RAM que já está integrada ao chip do microcontrolador. Essa memória está dividida em duas partes. A primeira está disponível ao usuário, a segunda é utilizada para mapear registradores de funções especiais. Memória de leitura e escrita.
4. **Área de Bits** – espaço total de 256 bits, tamanho da palavra de endereçamento de 8 bits. Espaço onde se tem um acesso individual aos bits, usado para mapear variáveis lógicas. Sendo construído com o uso de 32 bytes da RAM interna.

Conforme citado a segunda parte da RAM interna é destinada para mapear os registradores de funções especiais, mas existem também várias posições de memórias reservadas que os fabricantes aproveitam para lançamento e aperfeiçoamento futuros dos produtos. Alguns bits dessa área de memória são acessáveis bit a bit, ou seja, acessado individualmente. Todos os registradores excluindo o PC e os quatro bancos de registradores, estão no espaço destinado ao SFR<sup>7</sup>. Esses registradores incluem registradores aritméticos, ponteiros, portas de E/S, registradores para sistemas de interrupção, temporizadores e canal serial. [18][6]

O 8051 é uma máquina de 8 bits, pois a memória interna, SRF, barramentos e outros componentes são de 8 bits tendo facilidades para a transferência de bytes, manipulação lógica e aritmética. O manuseio de bits

---

<sup>7</sup> SRF do inglês “*Special function register*”, registradores de funções especiais

gera a vantagem de manipulação direta com variáveis booleanas em transferência de dados, lógicas e desvio condicionais. [18][6]

### 3.4 KIT DE DESENVOLVIMENTO CW552

Kit CW-552 é uma ferramenta de desenvolvimento simples e completa para sistemas baseados em microcontroladores. O kit é composto por base de apoio, placa de controle com o processador 80C552, display LCD de duas linhas de 40 caracteres (2x40), fonte de alimentação e interface serial RS-232C a ser ligada a um micro PC. O microcontrolador 80C552 tem a arquitetura básica do bem difundido 80C51 da INTEL, acrescido de 8 canais conversores A/D de 10 bits, duas saídas PWM com resolução de 8 bits, WatchDog, interfaces seriais UART e i2C. Tem amplo uso em aplicações de tempo real, tipicamente instrumentação, controle industrial e controle de processos.[2]

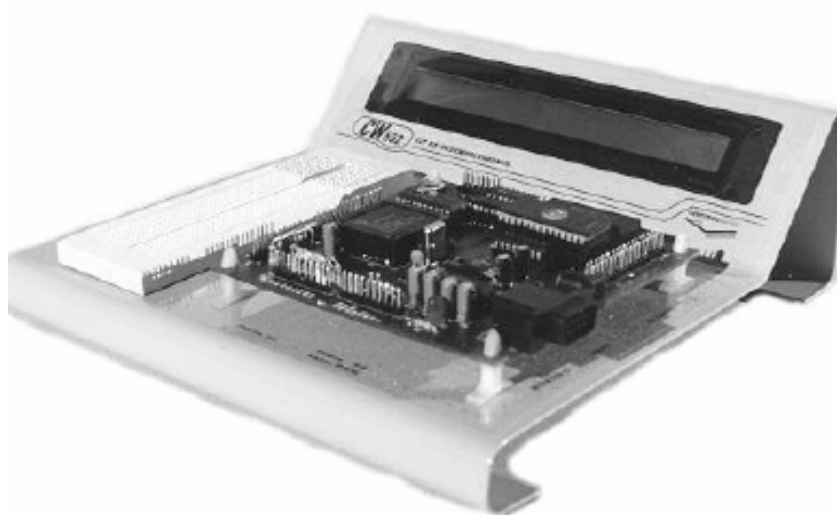


Figura 3.4 - kit CW552

### 3.5 INTERRUPÇÃO

De fundamental importância, esta ferramenta permite que o programa em execução seja interrompido de acordo com a necessidade. Temos disponíveis as seguintes formas: a interrupção por software (instrução); a interrupção pedida por periférico externo; e a interrupção pedida por periférico interno (timer/counter, porta serial, etc.).[18]

A interrupção traz muitas flexibilidades aos sistemas processados. A interrupção permite que eventos que queremos prioridade interrompam o fluxo normal do processamento desviando-o para um endereço previamente especificado tendo assim atenção imediata do processador. A interrupção pode ser comparada a uma sub-rotina que é ativada por hardware. A sub-rotina de interrupção é denominada serviço de interrupção, e como toda a sub-rotina deve terminar com uma instrução de retorno que no caso é a RETI. A interrupção no 8051 segue alguns conceitos importantes:[18]

- Gerar pedido de interrupção
- Habilitar de desabilitar interrupção
- Chamada de uma sub-rotina
- Parada do programa em execução
- Endereço de regresso de uma interrupção
- Guardar o contexto do programa em execução
- Prioridade entre as interrupções.

Em relação ao primeiro conceito refere-se ao evento gerador de interrupção. Um flanco ou seja um sinal inicialmente em nível alto muda para um nível baixo em uma determinada porta do microcontrolador, ou um overflow no controlador/temporizador e outros fatores que podem gerar interrupção.[18]

Cada interrupção tem um meio de desabilitá-la ou habilitá-la. Geralmente são utilizados alguns bits de registradores. Como por exemplo um bit em nível lógico 1 a interrupção pode acontecer e estando desabilitada se o mesmo registrador esta em nível lógico 0 ou seja mesmo que ocorra o pedido esta interrupção não ira acontecer.

O vetor de interrupção é a denominação do endereço que deve ser especificado para a sub-rotina de interrupção. Essa sub-rotina que atende essa interrupção é denominada rotina de interrupção. Algumas arquiteturas usam um vetor fixo, ou seja, cada interrupção possui um endereço fixo sendo definidas pelo fabricante dos processadores não pode ser mudada como é o caso do 8051. Existem arquiteturas que trabalham com vetores móveis como é o caso da CPU dos computadores pessoais que reservam os primeiros endereços de memória para a construção dessa tabela. [18][6]

A interrupção é um evento assíncrono, ou seja, pode interromper o programa em execução a qualquer momento. A CPU só executa o desvio para a sub-rotina de execução após o termino da instrução que esta sendo executada. Antes do desvio a CPU armazena na pilha o endereço de regresso, assim, ao terminar a sub-rotina de interrupção, esse endereço de retorno é retirado da pilha de memória, dando continuidade do ao programa em execução. [18]

A interrupção é transparente ao programa principal assim é necessário que a rotina de interrupção armazene todos os registradores e que estão sendo utilizados pelo programa principal para que ao retornar, salve o contexto do programa principal.

Para atender as interrupções o processador precisa saber a prioridade das interrupções, para poder decidir qual interrupção vai atender quando duas chegarem ao mesmo tempo ou o que fazer quando esta executando uma interrupção e o processador identifica que há outro pedido. O microcontrolador tem registradores que controlam o sistema de interrupção definindo suas características como sua prioridade e modo de operação, permitindo que o CPU possa suspender ou priorizar uma interrupção dando bastante flexibilidade ao projeto.[18]

A família do microcontrolador 8051 prevê a disponibilidade interrupção para 5 eventos:

- Pino #INT0, denominada Externa 0;
- Pino #INT1, denominada Externa 1;
- Overflow do contador/temporizador 0, Timer 0;
- Overflow do contador/temporizador 1, Timer 1;
- Recepção ou transmissão de um byte pela porta serial

Com aplicação de um sinal nos pinos INTi podemos gerar pedidos de interrupção externa 1 ou externa 0 que são pedidos de interrupção gerado externamente ao microcontrolador. Com aplicações de sinais digitais ,seja por nível baixo ou um flanco de decida, podemos gerar interrupção devido ao um evento externo. O pedido de interrupção do Timer 0 e 1 ocorrem pelo overflow do contador/temporizador 0 e 1 respectivamente servindo para marcar



intervalos de tempo. A interrupção serial só responde a dois eventos, recepção ou transmissão conforme citado a cima sendo possível pedir essa interrupção toda vez que for transmitido ou recebido um byte pela porta serial.

Os registradores que a família do 8051 disponibiliza para controlar estas interrupções são:[18][12]

- IE<sup>8</sup> - Habilitar e desabilitar interrupções
- IP<sup>9</sup> - Para definir prioridade das interrupções
- TCON<sup>10</sup> – para definir se # INT 0 ou #INT1 trabalharão por nível ou por flanco.

O registrador IE permite que cada interrupção possa ser habilitada ou desabilitada individualmente, existindo ainda um bit para ativar/desativar todas as interrupções de uma só vez e um para habilitação geral EA, as interrupções só pode acontecer se esse bit estiver em 1. Para habilitar uma interrupção colocamos os respectivos bits em 1 e para desativá-la colocamos os bits em 0. A Figura 3.5 ilustra o registrador IE.[18]

Registrador IE							
7	6	5	4	3	2	1	0
EA	-	-	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Figura 3.5 - Descrição dos bits do registrador IE

<sup>8</sup> IE do inglês “*interrupt Enable*”- Total controle sobre habilitação de interrupção no 8051

<sup>9</sup> IP do inglês “*Interrupt Priority*” – Controle das prioridades das interrupções

<sup>10</sup> TCON do inglês “*Timer Controller*”- Controle do modo das interrupções externas

Onde:

- Registrador IE – 1 Habilita todas e 0 desabilita todas
- EA – Todas ligadas
- ES – Serial
- ET1 – Temporizador 1
- EX1 – Externa 1
- ET0 – Temporizador 0
- EX0 – Externa 0

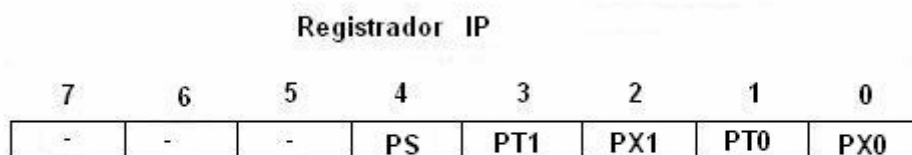
O Registrador IP define a prioridade das interrupções estando disponíveis nos níveis alto e baixo, lembrando que existem regras que o processador obedece para poder definir a prioridade de execução de uma interrupção:[18]

- Uma interrupção não pode interromper outra de mesma prioridade;
- Uma interrupção de baixa prioridade não interrompe uma de alta prioridade;
- Uma interrupção de alta prioridade interrompe uma interrupção de baixa prioridade

Ao se colocar um determinado bit específico de uma interrupção do registrador IP em 1, define-se que a respectiva interrupção como sendo de alta prioridade e para baixar a prioridade da mesma deve-se colocar o respectivo bit em 0. O Registrador IP é demonstrado na Figura 3.6.[18]

Simultaneidade dos pedidos de interrupção, quando ocorre esse evento o CPU verifica a sequência de “*polling*”, essa sequência define qual interrupção será atendida primeiro e monitorando as interrupções de alta prioridade.

Lembrando que o sistema não esquece dos pedidos de interrupção não atendidos, esses pedidos ficam marcados e são atendidos assim que as condições de prioridades permitirem.[18]



**0 = baixa prioridade**  
**1 = alta prioridade**

Figura 3.6 - Descrição dos bits do registrador IP

Onde:

- PS – Serial
- PT1 – Temporizador 1
- PX1 – Externa 1
- PT0 – Temporizador 0
- PX0 – Externa 0

O registrador TCOM, demonstrado na Figura 3.7, é usado para indicar o modo de trabalho das interrupções externas, neste registrador é definindo se a interrupção trabalhará por nível ou por flanco. A escolha do tipo de operação depende da característica do projeto, levando em consideração uma situação onde é necessário que gere uma única interrupção proveniente de um sinal aplicado ao microcontrolador onde não se tem a certeza da duração ou a largura do pulso que gera a interrupção. Assim é conveniente utilizar o modo flanco pois só é gerada uma interrupção quando o ocorre uma transição do

nível alto para o baixo ou seja mudança de 1 para 0. Executando assim uma única vez a rotina de interrupção, o modo flanco ou nível são usados para gerar as mais diversas soluções com as interrupções.

O microcontrolador tem amostras dos flags de interrupção uma única vez a cada ciclo de máquina. Os sinais usados para gerar interrupções externas possuem restrições de tempo de acordo com a frequência do oscilado da CPU do microcontrolador. Ao trabalhar com nível o sinal aplicado ao microcontrolador deve ficar pelo menos 1 $\mu$ s no mesmo estado para que seja entendido ou detectado o pedido de interrupção e no caso de flanco o estado do pino do microcontrolador deve permanecer, pelo menos, 1 $\mu$ s em nível alto e 1 $\mu$ s em nível baixo. Se esses requisitos de tempo não se cumprirem o pedido de interrupção não irá acontecer inviabilizando o projeto.[18]

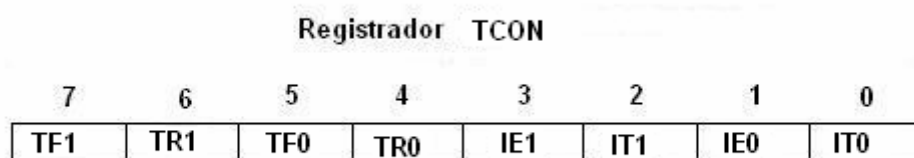


Figura 3.7 - Descrição dos bits do registrador TCOM

Onde:

- IT0 – Indica se a interrupção externa 0 vai trabalhar por nível ou por flanco , IT0 = 0 ou IT0 = 1 respectivamente
- IE0 – Flag para indicar pedido de interrupção Externa 0, é ativado quando ocorre pedido e é apagado por hardware (somente modo flanco)

- IT1 – Indica se a interrupção externa 1 vai trabalhar por nível ou por flanco , IT1 = 0 ou IT1 = 1 respectivamente
- IE1 – Flag para indicar pedido de interrupção Externa 1, é ativado quando ocorre pedido e é apagado por hardware (somente modo flanco)
- TR0 – Bit de parar/correr do cont./temp. 0
- TF0 – Bit usado para indicar um “overflow” no contador/temporizador 0, é ativado por hardware quando ocorre um “overflow” e é apagado quando há um desvio para a sub-rotina de interrupção.
- TR1 – Bit de parar/correr do cont./temp. 1
- TF1 – Bit usado para indicar um “overflow” no contador/temporizador 1, é ativado por hardware quando ocorre um “overflow” e é apagado quando há um desvio para a sub-rotina de interrupção.

O kit usado neste projeto pode ser interrompido de quinze maneiras, sendo os primeiros cinco, mostrados na tabela a seguir possuindo conforme citado vetores de interrupção fixos, ou seja, o fabricante já definiu o endereço da sub-rotina a ser chamadas sendo estas compatíveis com o 8051 e os outros dez específicos do 80c552. [18][2]

Tabela 3.1 - Interrupções 8051 / 80c552

Tipo	Descrição	Endereço
Externo	Interrupção externa <u>INT0</u> ;	0x0003
Externo	Interrupção externa <u>INT1</u> ;	0x0012
Interno/externo	Temporizador / contador interno <u>TIMER0</u> ;	0x000B
Interno/externo	Temporizador / contador interno <u>TIMER1</u> ;	0x001B
Interno	Canal de comunicação serial.	0x0023

Fonte: Manual cw55

As interrupções do 80c552 são vetoradas assim como as do microcontrolador 8051, ou seja, possui um endereço de início da rotina de tratamento da interrupção fixo e o usuário não pode alterá-la.

### 3.5.1 Tratamento de interrupções em linguagem C

De acordo com o manual do kit cw552, o compilador Small Device C Compiler (SDCC) permite ao programador configurar e tratar as interrupções diretamente em linguagem C, facilitando-o, pois existem palavras chaves ou “termos reservados” que ajudam no tratamento das interrupções.

- interrupt ( define qual interrupção será usado )
- using ( define qual banco de registradores será usado )

A função de tratamento de interrupção usa as palavras chaves para indicar ao compilador que se trata de uma função de tratamento de interrupção.

O código a seguir mostra a sintaxe da referida função: [18][2]

```
void timer_isr (void) interrupt 2 using 1
{
    ..
}
```

O compilador SDCC alocará automaticamente a função no endereço da interrupção número 2 (no caso, interrupção externa 1 0x0013). [2]

Tabela 3.2 – Tipo de Interrupções 8051 / 80c552

Número da interrupção	Descrição	Endereço do vetor
0	Externa 0	0x0003
1	Timer 0	0x000B
2	Externa 1	0x0013
3	Timer 1	0x001B
4	Serial	0x0023

O comando “sdcc arquivo.c --code-loc 0x8000” compila o programa e desloca a função de tratamento de interrupção para o endereço físico de tratamento de interrupção do kit CW552 e alocará no endereço 0x8000 + 0x0013.[2]

De fato, quem trata primeiramente a rotina de interrupção é o programa monitor gravada no EPROM. Ela desviará logo após receber a chamada de interrupção para o endereço 0x8013.

Dessa forma fica transparente para o programador toda firmware de tratamento de interrupção, e somente na hora de compilação ele indica onde será alocado o programa. [2]

### 3.6 CONFIGURAÇÃO DOS TEMPORIZADORES

Em muitos sistemas de controle é necessário medir intervalos de tempo, enviar pulsos com duração definida e gerar sinais específico. Isso é possível com o emprego de contadores e temporizadores. Estes são construídos com emprego de contadores binários. Têm-se um contador binário e conhecemos a frequência de contagem, podemos medir ou gerar intervalos de tempo podendo gerar interrupções de acordo com a necessidade do projeto. [18][6][2]

A família do 8051 disponibiliza contador e temporizador 0 e 1 esses são construídos com dois contadores binários, independentes, de 16 bits. Trabalhando com bytes temos 2 bytes para cada contador. Esses bytes estão mapeados na SFR, podendo ser lido e escrito a qualquer hora sendo descritos como: [18][6][2]

- TH0
- TL0
- TH1
- TL1

Esses contadores binários contam de forma ascendente cada vez que ocorre um overflow, flag de ultrapassagem. Esse flag pode ser consultado a qualquer instante podendo gerar interrupção facilitando operações que precisam efetuar uma operação em certo instante de tempo. A Figura 3.8 mostra um contador/temporizador no modo de 16 bits. [18][6][2]



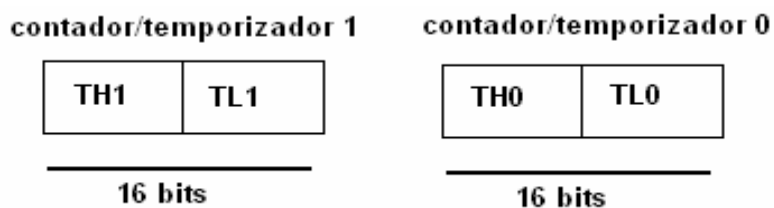


Figura 3.8 - Contador/Temporizador de 16 bits.

Existem diferenças que caracterizam o modo de operação do micro controlador como contador ou temporizador. Quando o contador binário trabalha na frequência do oscilador do micro controlador, diz-se que é um temporizador. No 8051 a contagem é feita com base no sinal do oscilador dividido por 12. Sendo utilizado um cristal de 12MHz, o temporizador trabalhará com frequência de 1MHz, ou seja uma contagem a cada 1 $\mu$ s. Para trabalhar como contador, a contagem é feita com base no sinal aplicado a uma das entradas, denominada T0 e T1 ou seja, ele conta os pulsos apresentados nas entradas T0 e T1[18]

Operando como contador, uma contagem é feita quando na entrada T0 ou T1 surge uma transição de sinal de nível alto para um de nível baixo, ou seja, uma transição de 1 para 0. O sinal aplicado em T0 e T1 é amostrado uma vez a cada ciclo de máquina.

Os registradores TMOD, mostrado na Figura 3.9, onde selecionamos o modo de operação e o TCON onde se controla a operação estão situados na área SRF e são destinados a controlar a operação dos contadores/temporizadores. [18]

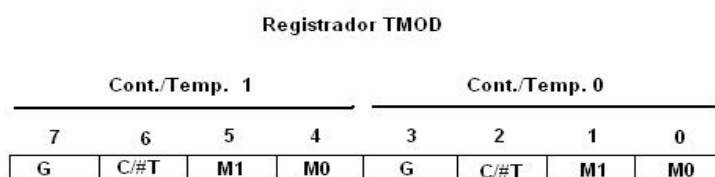


Figura 3.9 - Descrição do registrador TMOD

Onde:

- M0 – Modo , bit 0
- M1 – Modo, bit 1
- C/#T – Seleciona contador/temporizador
- G – Controle de Gate

No 8051 existem quatro modos de operação definidos no TMOD. O modo 0 existe para manter a compatibilidade com os antigos controladores. O modo 1 oferece um contador binário de 16 bits. O modo 2 oferece um contador binário de 8 bits, mas com recarga automática e o modo 3 só existe para o contador/temporizador 0, que nesse caso é dividido em dois contador/temporizador de 8 bits.[18]

Tabela 3.3 - Modos de operação

M1	M2	Modo	Descrição
0	0	0	THi é cont./temp. de 8 bits e TLi é pré-escala de 5 bits
0	1	1	THi e Tli formam um cont./temp. de 16 bits
1	0	2	TLi é cont./temp. de 8 bits e THi é armazena valor de recarga
1	1	3	TL0 é cont./temp. de 8 bits TH0 é cont./temp. de 8 bits TH1 e TL1 parado

Os contadores e temporizadores do 80c552 podem ser operados em três diferentes modos. Ele pode ser configurado para receber o sinal de contagem diretamente do relógio do microcontrolador ou de algum sistema externa.

A seleção entre relógio interna ou externa é feita através do bit contador/temporizador do registrador TMOD. A frequência máxima do contador usando o próprio relógio do microcontrolador é de no máximo a frequência do cristal dividido por 12. [6][2]

No caso do CW552, que utiliza um cristal de 11.0592.000 Hz, tem se com frequência máxima 921600 Hz. Ou seja, o temporizador é acionado a cada de 1,085 microssegundos. O projeto utiliza o modo de endereçamento 1, o temporizador funciona com 16 bits com recarga automática. Os registradores TH (high) e TL (low) funcionam com byte mais e menos significativos do temporizador. Eles vão contar até 0xFFFF gerando um bit TF (flag) indicando que chegou a contagem máxima. Esse bit TF pode ser usado para ativar a interrupção do temporizador. Assim é possível contar no máximo até 65535 vezes 1.085 micro segundos dando um total de 0,071 segundos. [2]

## Capítulo 4 – Sensores

---

Grandes empresas do ramo automobilístico como a BMW, a Mercedes, a Fiat e muitas outras estão disponibilizando em diferentes modelos de carros vários tipos de sensores. Essas empresas levam em consideração a capacidade dos sensores de detectar alterações no nível de um determinado fluido ou na velocidade, pressão e temperatura em uma peça do veículo, ou seja, uma modificação no funcionamento normal gerada por um evento, que possa comprometer todo o sistema. Esse tipo de detecção proporciona um maior controle de projetos eletrônicos gerando durabilidade, segurança e conforto pois ações podem ser tomadas de acordo com o tipo de evento detectado.

Os sensores são a entrada de informações em um sistema inteligente, como por exemplo, sensores de pressão ou de força, detectores de posição, velocidade, vibração, sensores acústicos, dispositivos de medição de temperatura, e muitos outros, sendo na maioria sensores elétricos ou eletrônicos. Estes sensores podem ser usados para monitorar os eventos do mundo externo como os próprios estados internos do sistema inteligente. A informação dos sensores é enviada ao módulo de processamento seja um computador ou um microcontrolador do sistema, que transformará os sinais oriundos do ambiente em informação útil ao sistema como na Figura 4.1 que a distância é fornecida ao motorista no painel do carro.

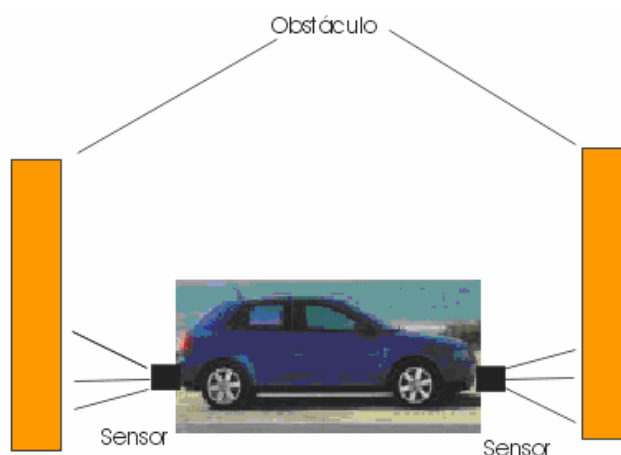


Figura 4.1 - Carro com sensores de distância

## 4.1 SENSOR INFRAVERMELHO

Este tipo de sensor tem um custo muito baixo e seu funcionamento é relativamente simples, apesar de ter a desvantagem de não conseguir medir grandes distancias é bastante utilizado.

Os sensores infravermelhos são baseados no princípio da reflexão da luz. Um fotodiodo transmissor é utilizado para a emissão da luz infravermelha constante e um led receptor infravermelho ou um fotodiodo. [16]

O fotodiodo é um diodo de junção construído de forma especial, de modo a possibilitar a utilização da luz como fator determinante no controle da corrente elétrica. A aplicação de luz ao led trará um aumento do nível da corrente reversa. Em resumo, podemos dizer então que um fotodiodo é um dispositivo que converte a luz recebida em uma determinada quantidade de corrente elétrica.[16]

O funcionamento desses sensores se baseia em um diodo infravermelho sinal infravermelho constante o raio atinge um anteparo e uma

porção da luz é refletida, sendo detectada de volta através do receptor ótico e atingindo um array de fotodiodos. Dependendo da posição do objeto, o ângulo de incidência da luz refletida é diferente, com isso pode-se calcular a distância deste objeto por triangulação, um cálculo geométrico.[11][16]

Eles trabalham em uma faixa de onda correspondente aos raios infravermelhos, ou seja, comprimentos de onda na faixa de 700 nm a 750 nm. Temos como um exemplo, o sensor infravermelho Sharp GP2D02 mostrado na Figura 4.2.



Figura 4.2 - Sensor GP2D02 SHARP

O Sensor GP2D02 mede distâncias através de infravermelho por reflexão, com uma área de alcance entre 10 e 80 cm. Seu funcionamento é simples, ele emite um pulso baixo na entrada do controle, espera 70 ms para então emitir 8 pulsos de disparo para ler o valor da distância medida, conforme demonstrado na Figura 4.3: [13] [11][16]

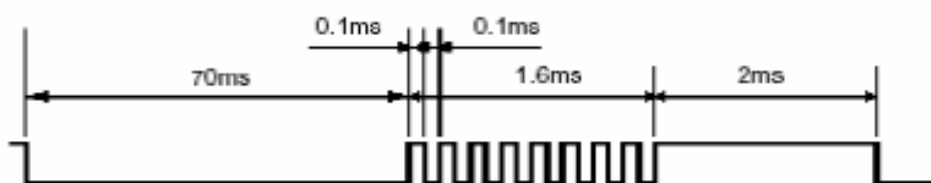


Figura 4.3 - Funcionamento do sensor GP2D02

Os problemas que podem ser encontrados com este sensor são comuns a maioria dos outros sensores infravermelho em um ambiente real, ou seja, sensibilidade a luminosidade do ambiente, a cor e material do obstáculo. Seu uso é recomendado para identificação de obstáculos .[13][11]

## **4.2 SENSOR ULTRA-SOM**

As ondas mecânicas ultra-sônicas são geradas por transdutores ultra-sônicos, também chamados simplesmente de transdutores.

O transdutor é o coração de todas as técnicas baseadas em ultra-som é um componente que converte energia. Estes dispositivos ultra-sônicos convertem energia elétrica em energia mecânica, no emissor, e o efeito contrário é efetuado pelo receptor, são materiais piezelétricos que apresentam um fenômeno chamado “efeito piezelétrico”. Esse efeito consiste na variação das dimensões físicas de certos materiais sujeitos a campos elétricos. No emissor há uma conversão de energia elétrica em mecânica e no receptor ocorre o contrário.

No caso do sensor essas variações geram ondas acústicas que ao encontrarem um anteparo, sofreram reflexão. No receptor essas ondas refletidas geram pressão causando variações nas dimensões dos materiais piezelétricos provocando o aparecimento de campos elétricos. [16]

Esse campo gerado será detectado pelo sensor que indicará ao microcontrolador no exato momento que o sinal foi recebido. O sensor será ligado as portas P1.0 e P1.1(definido por software) do kitCw55 ,

Para detectar o anteparo utilizaremos um sonar, um sensor comercial SRF04 que necessita que lhe seja dado um sinal (Trigger) para ativar e emitir a onda sonora, esse sinal é gerado em uma rotina de interrupção mostrada abaixo:[16][5]

```
void sensor_inte (void) interrupt 1 using 1
{
  ...
  If (count == 1000) SONIC_TRIGGER = 1;
  ....
}
```

Ao encontrar o anteparo o sinal sofre reflexão e retorna ao sonar, ao ser detectado pelo receptor é disparado um sinal de Eco TTL positivo de duração de  $100\mu s$ , proporcional à distância ao obstáculo. A disposição das entradas e saídas do SRF04 é mostrada na Figura 4.4. [16][5]

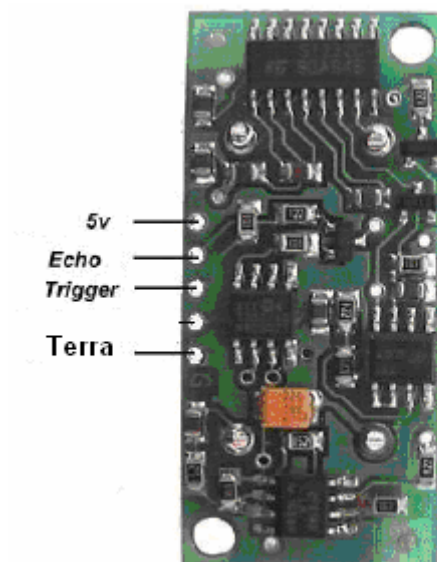


Figura 4.4 - Devantech SRF04 Ultrasonic Range Finder e suas conexões



Podemos obter a distância do anteparo ao sensor medindo o tempo entre o sinal “*trigger*” e o eco (sinal refletido que chega ao sensor). Levando em consideração que a onda percorre o espaço ( $\Delta s$ ) à velocidade do som, no ar, e percorre esse trajeto duas vezes (uma vez do sonar até o anteparo e a outra deste até aquele) a equação 4.1 pode ser aplicada a esse tipo de cálculo.

$$\text{Distância} = (\text{Tempo} \times \text{Velocidade do som})/2 \quad (4.1)$$

### 4.2.3 Características do Sonar

A tabela 4.1 retirada do manual do sensor SRF04, demonstra as características do sensor ultra-som SRF04.

Tabela- 4.1 características do sonar

Tensão	• 5 v
Corrente	• 30mA Tip. 50mA Max.
Frequência	• 40 kHz
Distância Max.	• 3 m
Distância Min.	• 3 cm
Sensibilidade	• Alta
Disparo(Trigger)	• $10\mu s$ Min. nível TTL
Pulso de eco	• Sinal TTL positivo, proporcional à distância ao obstáculo.
Dimensões	• 43 mm x 20 mm x 17 mm

Fonte: Manual do sensor SRF04

### 4.2.4 Princípio do funcionamento

O SRF04 é controlado por um impulso de nível lógico 1, com duração de  $10\mu s$ . Após receber este impulso de disparo, o SRF04 envia um sinal ultra-som e seta o eco no nível lógico 1, ficando de seguida monitorando o eco à espera

pelo sinal de retorno. Assim que o eco é recebido, o SRF04 seta o pino do eco novamente em 0. Programando o microcontrolador para medir o tempo que o eco demorou a ser detectado, isto é, o tempo que o pino de eco esteve com nível lógico, podemos calcular a distância a que se encontra o objeto ou o anteparo que provocou o eco (Figura 4.5).[5]

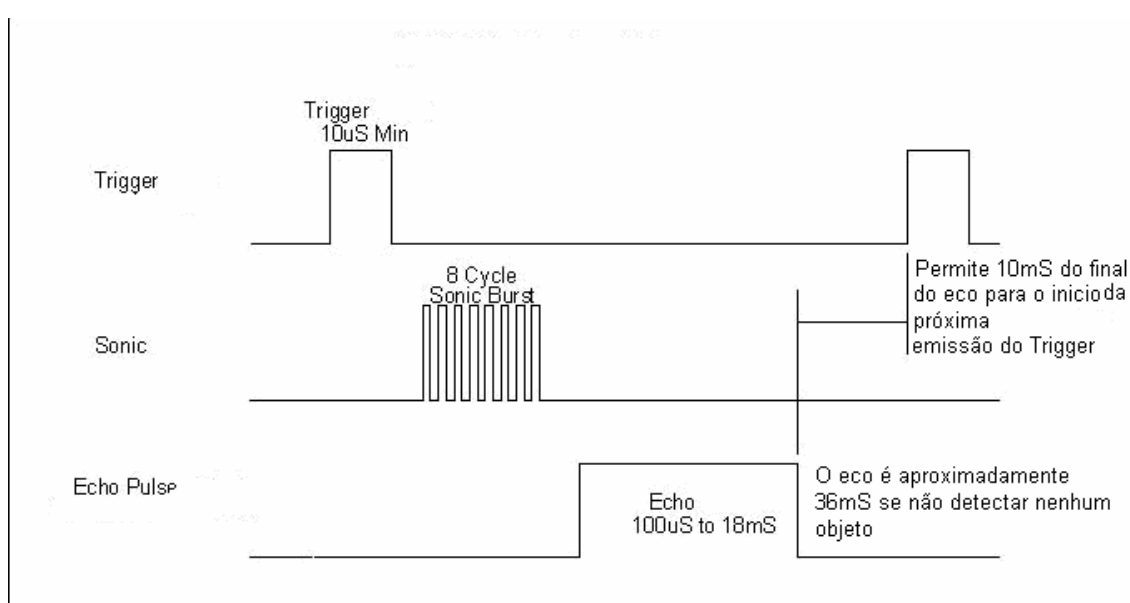


Figura 4.5 - Diagrama Temporal

Analisando a Figura 4.6, a dispersão do sinal não é uniforme para todo o ambiente. O sonar SRF04 trabalha com um ângulo de dispersão de 90° sua precisão melhora consideravelmente se for diminuído para 45° de dispersão o ângulo para o onde se pretende que seja efetivada a detecção.[5]

Caso se pretenda um ângulo de detecção superior a 70° poderemos utilizar vários sonares SRF04 posicionados de forma a permitir uma detecção com uma maior precisão. [5]

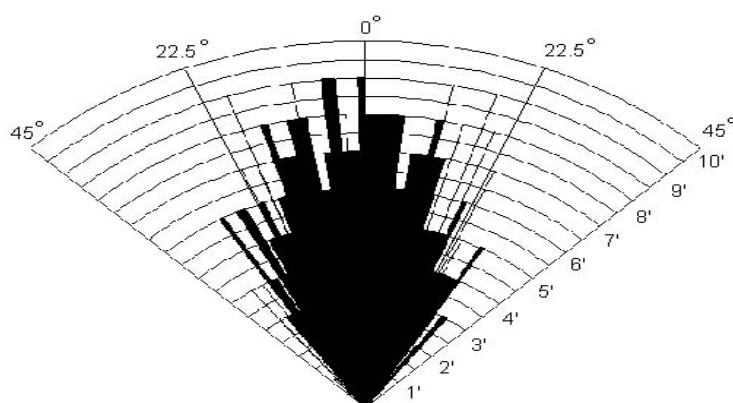


Figura 4.6 - Padrão de dispersão do sinal ultrasónico do sonar SRF04

De acordo com o manual a o sensor SRF04 apresenta o seguinte esquema eletrônico demonstrado na Figura 4.7. [5]

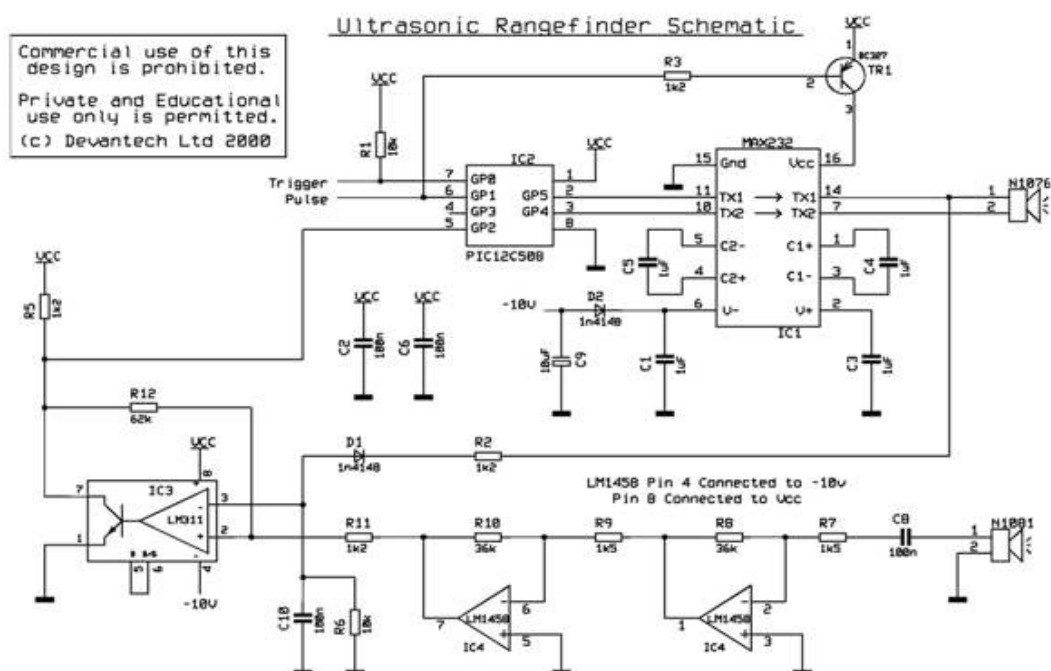


Figura 4.7 – Esquema do sensor SRF04

## Capítulo 5 – Implementações

---

Inicialmente o projeto utilizaria o sensor infravermelho como parte do hardware, mensurando a intensidade da onda refletida e mostrando a distância de acordo com a potência recebida no circuito.

Algumas características do sinal infravermelho impossibilitaram o seu uso, pois a reflexão do sinal depende da impedância da superfície do obstáculo conforme explicado no segundo capítulo e demonstrado na equação 2.4. Essa particularidade impede que o sensor possa ser utilizado em diferentes ambientes, pois o mesmo terá que medir a distância de vários tipos de obstáculos compostos de materiais diferentes, variando assim a impedância, o que descaracteriza o sensor. Desta forma, a onda infravermelha não era viável, por isso para uma melhor medição da distância um sensor ultra-som foi escolhido.

O sensor emitindo ondas de ultra-som pode medir a velocidade com a diferença entre o tempo de emissão e recepção do sinal. Isso é possível por que esse tipo onda obedece à mecânica clássica diferentemente do infravermelho, onda eletromagnética.

O protótipo deste sensor será conectado ao Kit controlware. Na aplicação comercial é necessário montar um sistema compacto, microcontrolado com display e conectá-lo ao veículo tornando o projeto portátil.

Este capítulo demonstrará a tentativa de implementação com o sensor infravermelho e a implementação do sensor ultra-som SRF04 com o kit controlware e seu respectivo software.

## 5.1 SENSOR INFRAVERMELHO

Para a tentativa da implementação do sensor infravermelho foi necessário trabalhar em dois campos - hardware e software como também na interação entre essas duas áreas, na parte de hardware, foi utilizado leds infravermelhos (transmissor Tx e receptor Rx), amplificador operacional, potenciômetro (para regular o ganho), microcontrolador utilizando do KitCW552 e seus recursos como o display.

A parte de software seria desenvolvido um programa que relacionaria a potência do sinal de entrada no led Rx com a distância. A interação entre essas duas áreas também seria feita pelo microcontrolador e a linguagem de programação C, possibilitando obter os resultados esperados, ou seja, informar a distância entre o anteparo e o sensor. A Figura 5.1 mostra a tentativa de implementação do sensor infravermelho.

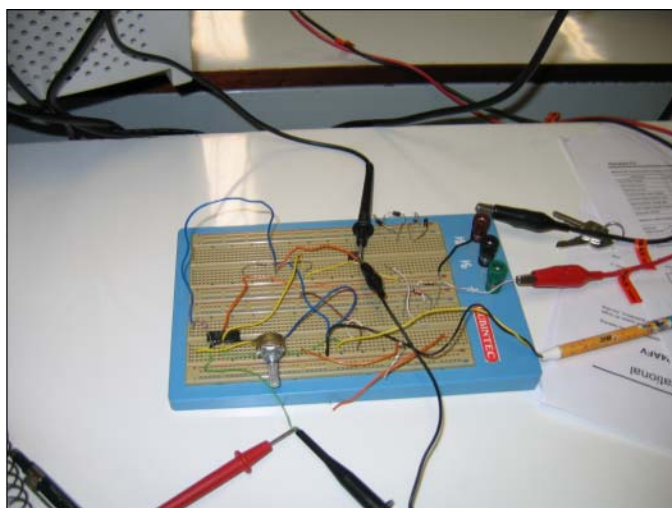


Figura 5.1– Montagem do sensor infravermelho

Foi usada como fonte de tensão uma fonte retificadora com filtro capacitivo que alimentava o led emissor e os demais componentes do circuito. O led receptor infravermelho, que na verdade é um transdutor de energia radiante, foi utilizado para converter a energia radiante infravermelha, recebida no circuito, em uma forma mensurável analisada pelo microcontrolador. [16].

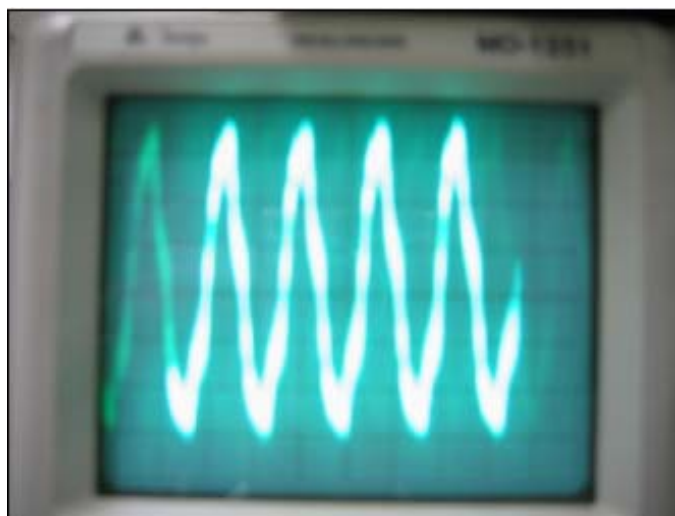


Figura 5.2 - Tensão de saída aplicada no led emissor

No desenvolvimento do sensor infravermelho a saída do led receptor foi ligada ao amp op (amplificador operacional) LM324A com um potenciômetro ajustando o ganho, a saída do amp op seria conectado ao conversor analógico /digital.

O led receptor infravermelho tem por característica diminuir ou aumentar a tensão do circuito de acordo com o sinal recebido, ou seja, quanto maior a intensidade, maior é a queda de tensão medida na saída do amp op. Um dos grandes problemas foram as variações na medição da tensão para a mesma distância para objetos diferentes, pois não havia uma constância no sinal, o

que inviabilizou o projeto. É necessário medir a distância entre diferentes corpos e cada um com sua respectiva impedância, o que interfere na intensidade do sinal refletido. Além disso, a interferência da luz ambiente também é um problema para sensores do tipo infravermelho. A Figura 5.3 abaixo mostra a interferência da luz ambiente no led receptor, amplificado pelo amp op.[16]

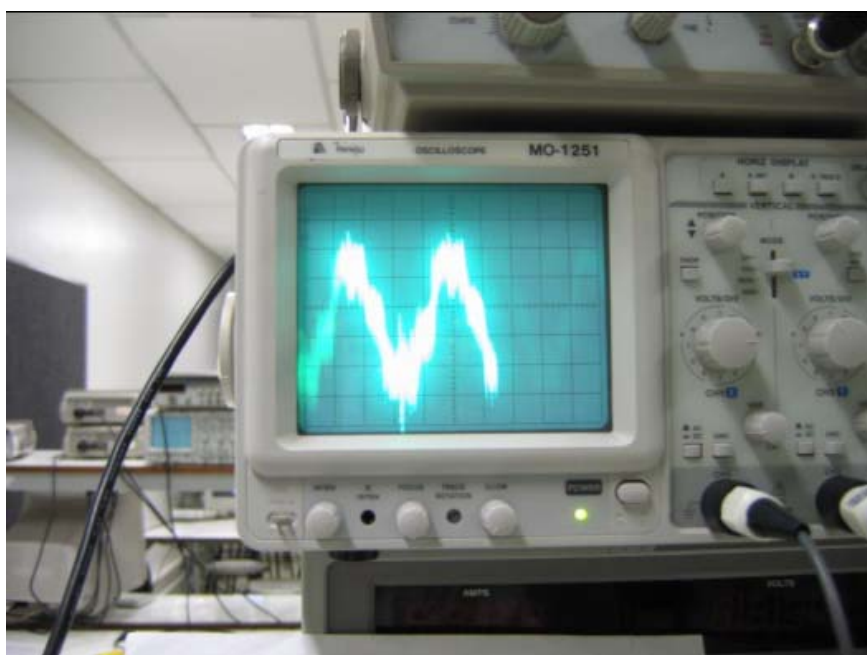


Figura 5.3 - Tensão de saída do Amp op distância de 10 cm.

## 5.2 SENSOR ULTRASOM

O sensor ultra-som trabalha com um sinal de disparo “*trigger*” de  $10\mu s$  e com um sinal de Eco TTL positivo de duração de  $100\mu s$ . O ciclo de máquina do micro controlador 8051 é de  $1\mu s$ , o que proporciona facilidade na programação do sensor ultra-som, pois os tempos dos sinais eco e trigger são múltiplos de  $1\mu s$ . Assim, basta configurar para que o microcontrolador trabalhe no modo

temporizador, sendo possível programar um contador baseado no ciclo de máquina do 8051, incrementado a cada 1 $\mu$ s.

O projeto está usando o kit CW552 que possui um ciclo de máquina diferente do 8051, o que acarreta em uma medição imprecisa da distância pois os tempos dos sinais eco e trigger não são múltiplos do ciclo de máquina do microcontrolador do kit CW552. Além do problema do ciclo de máquina, é preciso levar em consideração que, teoricamente, a velocidade do som no ar é 331 m/s, podendo variar de acordo com o clima.

Para contornar esse problema foi optado calibrar o sensor de acordo com o sinal recebido e a distância medida em uma fita métrica em centímetros.

Foram comparados seis intervalos de tempo com a distância medida na fita, podendo assim montar uma equação do eco em função da distância. Desta forma é possível que o software de controle forneça a distância de acordo com o eco medido. A Tabela 5.1 demonstra a comparação de distância com o tempo de emissão e recepção do sinal.

Tabela 5.1 Distância pelo eco do sinal ultra-som

Distancia em cm	Sinal de eco $\mu$ s
60	11
55	10
50	9
45	8
40	7
35	6

Relacionando os dados da tabela, é possível montar o gráfico (Figura 5.4) demonstrando uma reta. Para calcular uma equação para ser aplicada no micro controlador, basta utilizar a equação da reta :

$$y - y_1 = m(x - x_1) \quad (5.1)$$

Assim aplicando os dados da tabela a equação 5.1, podemos achar o coeficiente angular "m" da equação 5.1 e calcular qualquer distância a partir de um sinal de eco recebido multiplicando o eco pelo coeficiente angular:



$$55 - 60 = m(11 - 12)$$

(5.2)

$$m = 5$$

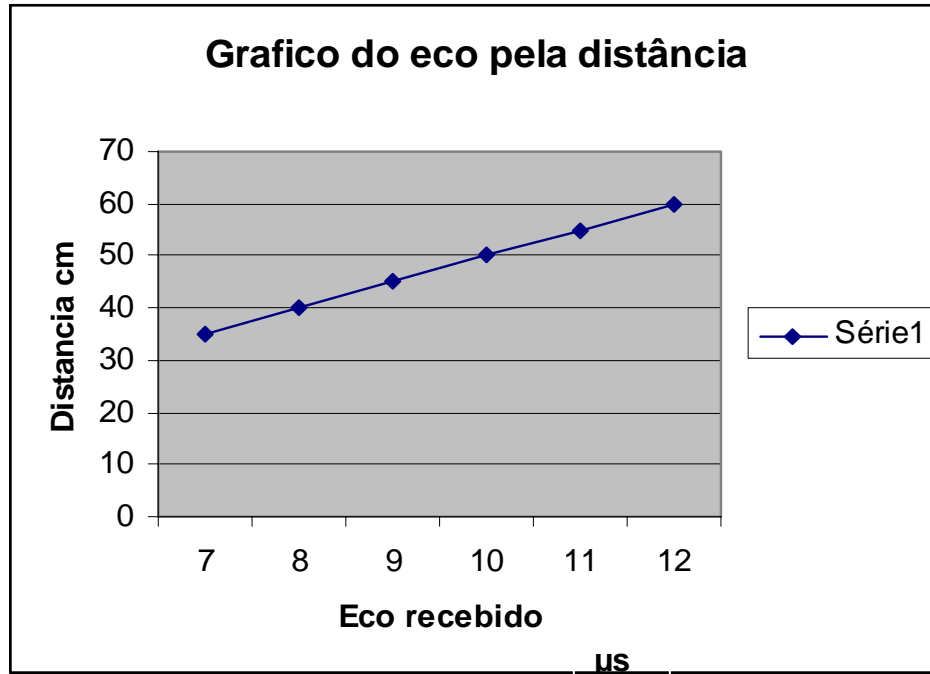


Figura 5.4 – Gráfico do eco pela distância

A configuração do circuito sensor /microcontrolador foi definido a partir do software de controle, onde foram estabelecidas as relações entre as portas do micro controlador e os quatros pinos do sensor SRF04 representada na Figura 5.5. O sensor foi ligado ao conector J5 (porta P1) do kit CW552.

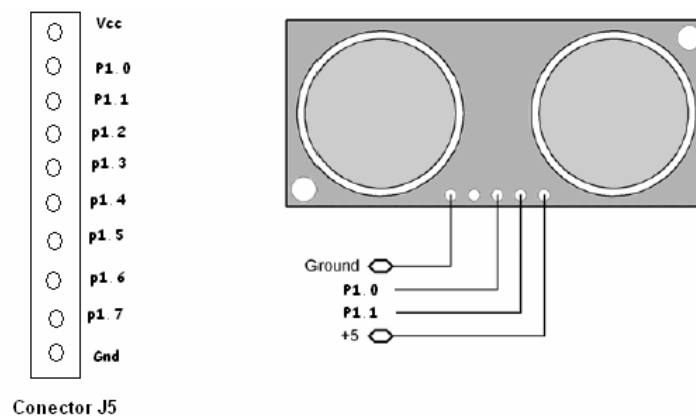


Figura 5.5 - Ligação do SRF04 ao kit CW552

Os softwares de controle do microcontrolador 8051 devem ser necessariamente arquivos com extensão “.ihx”. Para o microcontrolador entender o código escrito em linguagem de programação C, foi utilizado o compilador C ANSI para 8051, SDCC, que ao compilar o código fonte gera um arquivo “.ihx” pronto para ser utilizado no 8051.[2]

Para gravar o software de controle, compilado, na memória do microcontrolador foi necessário: conectar o Kit CW552 em um computador pessoal, estabelecer a comunicação entre o Kit e o PC e efetuar o “*download*” do software de controle. Para isso foi utilizado a interface serial RS-232C e um programa de comunicação - ambos disponibilizados pelo fabricante do kit. O programa de comunicação permite testar a comunicação, fazer “*download*” do arquivo “.ihx” para o microcontrolador e iniciar o sistema, executando o programa e iniciando a medição da distância. [2]

### 5.2.1 Software de Controle

Software em linguagem C para controlar o sensor SRF04 no microcontrolador.

```

1. #include "8051.h"
2. #define READY      0x00
3. #define BUSY       0xff
4. #define TRIGGER      P1.0
5. #define ECHO        P1.1
6. unsigned int start, stop;
7. unsigned char sonic;
8. unsigned int count;
9. float distance;

```

Definindo os endereços de leitura (“*READY*”) e ocupado (“*BUSY*”) nas linhas dois e três, definido as portas de saída do “*trigger*” na p1.0 e o “*echo*” na p1.1 e as variáveis que serão utilizadas no programa nas linhas 6 a 9. Para visualização no display será usada as funções disponíveis no kit cw552. [12]

```

1. void wr_ctr_lcd(unsigned char a)
2. void wr_lcd(unsigned char a)
3. void ini_lcd(void)
4. void lcd_str(char *s)
5. void lcd_bcd(unsigned char a)

```

```
6. void goto_lcd(unsigned char l, unsigned char c)
```

Para o funcionamento do sensor foram colocadas as rotinas de controle dentro de uma interrupção no modo temporizador, conforme mostrado na função “void clock(void) interrupt 1 using 1”. Quando o contador de interrupção desta função “*count*” chegar ao valor definido para a emissão do sinal, será efetuado o comando TRIGGER = 1, passado o tempo de emissão que será de  $10\mu s$  (para o “*trigger*”) será colocado em nível lógico baixo TRIGGER = 0. Se a variável que define o estado do sensor “*sonic*” estiver “*Read*” o programa irá verificar o status do pino eco, se o pino estiver com nível lógico alto a variável de inicio de tempo “*start*” vai conter o valor de “*count*” e “*sonic*” conterà “BUSY”. [12]

No próximo ciclo se ECO for igual a 0, ou seja o sinal foi recebido “*stop*” recebe “*count*” e atribuímos a variável “*distance*” a diferença entre “*start*” e “*stop*” dividida por dois e multiplicado por 5, coeficiente da reta. Obtendo assim a distância que será mostrada no visor na função main () do software de controle. [12]

### 5.3 OBSERVAÇÕES DE PROJETO

Além da diferença entre o ciclo de máquinas de diferentes microcontroladores e a relação da velocidade do som no ar, existe um problema com os sonares. Dependendo da posição da superfície que desejamos medir a distância, o sinal pode ser refletido para longe do sensor, e o objeto não é detectado.

Esse problema pode ser resolvido diminuindo o ângulo de dispersão adicionando mais sensores ao projeto.

## Capítulo 6 - Conclusões

---

Este projeto teve como objetivo apresentar um protótipo, um sensor de estacionamento, utilizando-se inicialmente de ondas infravermelhas como forma de obter a distância. A idéia inicial era medir a potência da onda refletida que variaria de acordo com a distância do sensor ao anteparo. Isso não foi possível pois algumas propriedades das ondas eletromagnéticas e a interferência da luz ambiente no sensor impossibilitaram a utilização de ondas infravermelhas como forma de obter a distância.

O método proposto para medir a distância pela potência da onda recebida, não foi viável, como é demonstrado no capítulo 2 no tópico reflexão de ondas eletromagnéticas. A reflexão depende do tipo de material, evidenciado na equação 2.4 onde  $Z_2$  é a impedância da superfície do obstáculo, ou seja, demonstrando que se variarmos o tipo de objeto, o valor de  $Z_2$  se altera, o projeto estaria sempre dependente de um tipo de material não sendo aplicável a todas as superfícies, inviabilizando o sensor de estacionamento.

Tendo em vista os aspectos de ondas eletromagnéticas, optou-se por usar o ultra-som, ondas mecânicas, o que acarretou em simplicidade na programação. Contudo, tornou o projeto mais caro, pois o sensor ultra-som tem um custo elevado em relação ao infravermelho. O sensor ultra-som viabiliza a comercialização do projeto, pois a precisão é maior trazendo confiabilidade no produto. O projeto foi implementado com sensor ultra-som atingindo seu objetivo de disponibilizar a distância do sensor a um anteparo.

Sugestão de propostas futuras utilizando este projeto seria a possibilidade do carro parar a 3 cm do anteparo, leitura mínima do sensor ou criar um modulo de calibração para o sensor que permitiria o usuário ter uma leitura correta de distância independente de dias frios ou quentes. Trazendo segurança para o motorista e trazendo mais funcionalidades para o produto, e ainda tornando-o mais interessante ao mercado.

## Referências Bibliográficas

---

1. CIÊNCIA e saúde. Disponível em<<http://www.las.inpe.br/cesar/Infrared/conceitos.htm>> Acessado em 23 de novembro de 2005.
2. CONTROLWARE. Manual do Kit Cw552 Controlware. Disponível em <<http://www.persocom.com.br/controlware/kitcw552.htm>>. Acessado em 20 de novembro de 2005.
3. CURSOS de Redes<<http://proenca.uel.br/curso-redesgraduacao/1999/trab-01/equipe-07/arquivos/infrared.html>> Acessado em 28 de maio de 2005.
4. HALLIDAY Resnick Walker, Gravitação, Ondas e Termodinâmica. Volume 2 4ª edição.1990.
5. LABORATÓRIO de Sistemas Autônomos do ISEP. Disponível em <[http://www.lsa.isep.ipp.pt/aprender/aprender\\_utilizar.html](http://www.lsa.isep.ipp.pt/aprender/aprender_utilizar.html)> acessado em 30 novembro de 2005.
6. LIMA Alessandro,Rosa Vagner. Disponível em <<http://www.dmat.furg.br/vagner/8051emu/apostila/>> Acessado em 24 de novembro de 2005.
7. MAXWELL, J.C. (1873): A Treatise on Electricity & Magnetism (Vol.2 – capítulo XX - Electromagnetic theory of light), Dover Publ, Inc., New York, 1954, pp. 429 e 434-5.
8. PLANE Wave Reflection. Disponível em <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/reflec2.html> Acessado em 24 de novembro de 2005.
9. PORTAL de eletrônica. Disponível em<<http://www.letronet.com.br/psist/ppesq/ppesqlivcap/ppesqan/ppesqand1/ppesqan1d5.htm>>. Acessado em 09 de junho de 2006.
10. SCIENTIFIC Cultural Space. Disponível em<<http://www.ecientificocultural.com/ECC2/artigos/polar03.htm>> Acessado em 24 de novembro de 2005.

11. SILVA, Claudiney, Relatório de Pesquisa. Disponível em <<http://www.com.p.ita.br/~ccalixto/files/academic/master/disciplines/ct-219/ct219-tt01.pdf>>. Acessado em 09 de junho de 2006.
12. SONIC Sensor. Disponível em <<http://car.chollian.net/~mose/SONIC.C>> acessado em 10 de novembro de 2005.
13. SUPER ROBÓTICA. Disponível em <<http://www.superrobotica.com>>. Acesso em 09 março de 2005.
14. TIPLER, Paul , Física eletricidade magnetismo e ótica Volume 24º edição. 1990.
15. TIPLER, Paul , Física mecânica oscilações e ondas , termodinâmica Volume 1 4º edição. 1990.
16. UILIAN Lucas de Souza, Thiago Ramos Pereira. Fotodiodos e Fototransistores. Apostila de fotodiodos e fototransistores.
17. ULTRASONIC sound. Disponível em <<http://hyperphysics.phyastr.gsu.edu/hbase/sound/usound.html#c1>>. Acessado em 24 de novembro de 2005.
18. ZELENOVSK, Ricardo e Mendonça, Alexandre. Estudos e Projetos com Microcontroladores 8051 Apostila 2004.

## Apêndice A - Código de Controle

---

```

=====*/
#include "8051.h"
//-----
#define linha1 0x80
#define linha2 0xc0
xdata at 0x3801 unsigned char Lcd_dado;
xdata at 0x3800 unsigned char Lcd_cont;
//=====

sbit at 0x90 P1_0 ;
sbit at 0x91 P1_1 ;
#define TRIGGER P1_0
#define ECO      P1_1
#define READY    0x00
#define BUSY     0xff
//=====

unsigned int start, stop;
unsigned char sonic;
unsigned int count;
float distance;
//=====

//////////funções do display tiradas do manual do KitCW55//////////

void wr_ctr_lcd(unsigned char a)
{
    int i;
    Lcd_cont = a;
    for (i=1;i!=1000;i++);
}

void wr_lcd(unsigned char a)
{
    int i;
    Lcd_dado = a;
    for (i=1;i!=100;i++);
}

void ini_lcd(void)
{

```



```

wr_ctr_lcd(0x38);
wr_ctr_lcd(0x06);
wr_ctr_lcd(0x0E);
wr_ctr_lcd(0x01);
}

void lcd_str(char *s)
{
do wr_lcd(*s);
while (*++s);
}

void lcd_bcd(unsigned char a)
{
wr_lcd('0'+a/100);
a=a%100;
wr_lcd('0'+a/10);
wr_lcd('0'+a%10);
}

void goto_lcd(unsigned char l, unsigned char c)
{
unsigned char a;
if (l==1) a = linha1;
if (l==2) a = linha2;
wr_ctr_lcd(a+c-1);
}

//=====
// rotina de tratamento de interrupção do TIMER0 - clock do sistema
void clock(void) interrupt 1 using 1
{
    TR0 = 0;
    TH0 = 0xff;
    TL0 = 0xc0;

    count++;                                     /* Contador da interrupção */

    if(count == 1000)
        TRIGGER = 1;                             /* Ligando o trigger */
    else if(count == 1001)
        TRIGGER = 0;                             /* Desligando o Trigger */
    else if(count > 1003)                         /* esperando o pulso de eco */
    {
        if(sonic == READY)
        {
            if(ECO == 1)                         /* setando o eco para 1 e iniciando o contador */
            {

```

```

        start = count;
        sonic = BUSY;
    }
}
else{
    if(ECO == 0) /* Esperando pela queda do nivel do sinal do eco */
    {
        stop = count;
        distance = ((stop - start)/2)*5; /* Calculando a distância de acordo com a eq 5 */
        count = 0;
        sonic = READY;
    }
}
}
TR0 = 1;
}
//-----
void main(void)
{
    start = 0;
    stop = 0;
    distance = 0;
    count = 0;
    sonic = READY;
    TRIGGER = 0;
    //////////////////////////////////////
    TMOD=0x11; /* Timer configurado no modo 16-Bit */
    TH0=0xff; /* Intervalo de interrupção */
    TL0=0xc0; /* 10uS ~ 100uS */
    EA=1;
    ET0=1; /* Habilita ou desabilita a interrupção pedida pelo temporizador 0;"0" desabilita e "1" habilita se
EA =1;*/
    TR0=1; /* Timer start */
    //////////////////////////////////////
    ini_lcd();
    while(1)
    {
        goto_lcd(1, 5);
        wr_ctr_lcd(0x0E); //cursor normal
        lcd_bcd( distance);

    }
}

```

## Apêndice B – Esquema de Montagem

